C. D. U. 621.315.017

Equação dos círculos de perdas e dos círculos de rendimento no cálculo eléctrico de uma linha

PELO ENG.º ELECT. (I.S.T.) RUI HUMBERTO CORDEIRO
SONEFE — Serviços de Redes Eléctricas

O presente trabalho tem por objectivo a dedução das equações necessárias ao estabelecimento dos diagramas (círculos) de perdas e de rendimento relativos a uma linha de transporte de energia eléctrica, na hipótese de se manter constante a tensão na emissão desta linha.

Sendo este estudo dirigido aos alunos do curso de Electrotecnia, julgamos conveniente iniciá-lo por umas «considerações gerais», onde procuramos focar ràpidamente o interesse prático dos referidos diagramas.

1) Considerações gerais

Como é do conhecimento geral, no cálculo eléctrico das grandes linhas de transporte de energia eléctrica são utilizadas as equações de transmissão baseadas na hipótese da repartição uniforme das suas constantes eléctricas: resistência, capacidade, indutância e perditância. Destas equações deduzem-se fórmulas práticas que permitem o traçado de diagramas circulares, representativos dos diferentes estados de funcionamento da linha. A utilização destes diagramas é extremamente cómoda e permite obter, com facilidade, os elementos correspondentes a qualquer estado de funcionamento — potência activa e reactiva, tensão, perdas e rendimento — para diversos valores dos parâmetros fixados num dos seus extremos e obter ainda uma visão global do comportamento da linha quando se fazem variar esses parâmetros.

São habitualmente utilizados os diagramas de «Evans e Sels» ou os diagramas circulares de tensão constante, de perdas e de rendimento (1).

As equações referentes aos círculos de perdas e de rendimento, só se encontram, segundo cremos, deduzidas para a hipótese de se manter constante a tensão na recepção da linha (V_R = constante).

Interessará contudo, em determinadas condições de exploração, o traçado dos diagramas para a hipótese de ser constante a tensão na emissão (V_E = constante). É o caso prático que se apresenta quando várias linhas se encontram alimentadas, a tensão constante, no extremo emissor comum.

2) Equação dos círculos de perdas e de rendimento, sendo constante a tensão na emissão V_E

Como se sabe, uma linha de transporte «longa» é geralmente comparável a um quadripolo simétrico. Designando por:

$\overline{V}e$ e $\overline{V}r$ as tensões simples, em volt, na emissão e na recepção

$\overline{I}e$ e $\overline{I}r$ as correntes por fase, em ampére, na emissão e na recepção

$\overline{Z}$ a impedância total da linha

$\overline{Y}$ a admitância total da linha

(1) Sobre este assunto tem interesse consultar o artigo «Cálculo eléctrico de uma linha a 150 kV», do A.T. Vasco Pereira da Silva, publicado na Revista do Sindicato de Engenheiros auxiliares e Agentes Técnicos de Engenharia (n.ºs 90 a 92, de 1954).

as equações gerais do quadripolo permitem escrever:

$$\overline{Vr} = \overline{A}\ \overline{Ve} - \overline{B}\ \overline{Ie}$$
$$\overline{Ir} = -\ \overline{C}\ \overline{Ve} + \overline{A}\ \overline{Ie}$$

em que $\overline{A}$, $\overline{B}$ e $\overline{C}$, constantes auxiliares da linha, estão ligadas a $\overline{Z}$ e $\overline{Y}$ pelas relações

$$\overline{A} = \cosh \sqrt{\overline{Z}\ \overline{Y}} = a_1 + j\ a_2$$

$$\overline{B} = \frac{\overline{Z}}{\overline{Y}} \operatorname{senh} \sqrt{\overline{Z}\ \overline{Y}} = b_1 + j\ b_2$$

$$\overline{C} = \frac{\overline{Y}}{\overline{Z}} \operatorname{senh} \sqrt{\overline{Z}\ \overline{Y}} = c_1 + j\ c_2$$

a) *Círculos de perdas*

As perdas de potência na linha, definidas pela diferença entre os valores das potências activas na emissão e na recepção, $P_p = Pe - Pr$ (watt/fase), poderão ser calculadas considerando-se a parte real do complexo $\overline{Ve}\ \overline{Ie}^* - \overline{Vr}\ \overline{Ir}^*$ em que $\overline{Ie}^*$ e $\overline{Ir}^*$ são os complexos conjugados de $\overline{Ie}$ e $\overline{Ir}$.

Sejam ainda Iep e Ieq as componentes de $\overline{Ie}$, respectivamente em fase e em quadratura com a tensão $\overline{Ve}$. Temos:

$$\begin{aligned}
&\overline{Ve}\ \overline{Ie}^* - \overline{Vr}\ \overline{Ir}^* = \overline{Ve}\ \overline{Ie}^* - (\overline{A}\ \overline{Ve} - \overline{B}\ \overline{Ie})\ (-\overline{C}^*\ \overline{Ve}^* + \overline{A}^*\ \overline{Ie}^*) = \\
&= \overline{Ve}\ \overline{Ie}^* + \overline{A}\ \overline{Ve}\ \overline{C}^*\ \overline{Ve}^* - \overline{A}\ \overline{Ve}\ \overline{A}^*\ \overline{Ie}^* - \overline{B}\ \overline{Ie}\ \overline{C}^*\ \overline{Ve}^* + \overline{B}\ \overline{Ie}\ \overline{A}^*\ \overline{Ie}^* = \\
&= Ve\,(Iep - j\ Ieq) + (a_1 + ja_2)\ (c_1 - jc_2)\ Ve^2 - (a_1 + ja_2)\,(a_1 - ja_2)\ Ve\,(Iep - j\ Ieq) - \\
&- (b_1 + jb_2)\ (c_1 - jc_2)\ Ve\,(Iep + j\ Ieq) + (b_1 + jb_2)\ (a_1 - ja_2)\ (Iep^2 + Ieq^2)
\end{aligned}$$

A parte real deste complexo será

$$\begin{aligned}
P_p = {} & (a_1\ c_1 + a_2\ c_2)\ Ve^2 + (-b_1\ c_1 - b_2\ c_2 - a_1^2 - a_2^2 + 1)\ Ve\ Iep - \\
& - (-b_2\ c_1 + b_1\ c_2)\ Ve\ Ieq + (a_1\ b_1 + a_2\ b_2)\ (Iep^2 + Ieq^2)
\end{aligned}$$

Façamos

$$\begin{aligned}
t &= b_1\ c_1 + b_2\ c_2 + a_1^2 + a_2^2 - 1 \\
u &= a_1\ c_1 + a_2\ c_2 \\
v &= a_1\ b_1 + a_2\ b_2 \\
w &= b_2\ c_1 - b_1\ c_2
\end{aligned}$$

Resulta

$$P_p = u\ Ve^2 - t\ Pe + w\ Qe + v\ \frac{Pe^2 + Qe^2}{Ve^2}$$

a que se pode dar a forma

$$Pe^2 - \frac{t}{v}\ Ve^2\ Pe + \frac{w}{v}\ Ve^2\ Qe + Qe^2 = \frac{P_p}{v}\ Ve^2 - \frac{u}{v}\ Ve^4$$

Adicionando a ambos os membros

$$\left(\frac{t}{2\,v}\right)^2 Ve^4 + \left(\frac{w}{2\,v}\right)^2 Ve^4 = \frac{t^2 + w^2}{4\,v^2}\ Ve^4$$

vem

$$\left[Pe - \frac{t}{2v} Ve^2\right]^2 + \left[Qe + \frac{w}{2v} Ve^2\right]^2 = Ve^2 \left[\frac{P_p}{v} + \frac{t^2 + w^2 - 4\,uv}{4\,v^2} Ve^2\right]$$

Designando por P_E, Q_E e P_P as potências activa, reactiva e de perdas correspondentes ao sistema trifásico, expressas em MW ou MVA e por V_E a tensão composta, em kV, resulta

$$P_p = \frac{10^6 \times P_P}{3} \quad Qe = \frac{10^6 \times Q_E}{3} \quad Pe = \frac{10^6 \times P_E}{3} \quad Ve = \frac{10^3 \times V_E}{\sqrt{3}}$$

donde

$$\left[P_E - \frac{t}{2v} V_E^2\right]^2 + \left[Q_E + \frac{w}{2v} V_E^2\right]^2 = V_E^2 \left[\frac{P_P}{v} + \frac{t^2 + w^2 - 4\,uv}{4\,v^2} V_E^2\right]$$

Esta equação representa uma circunferência, cujas coordenadas do centro são

$$A_E = \frac{t}{2v} V_E^2 \qquad B_E = -\frac{w}{2v} V_E^2$$

e cujo raio é

$$C_E = V_E \sqrt{\frac{P_P}{v} + \frac{t^2 + w^2 - 4\,uv}{4\,v^2} V_E^2}$$

b) *Círculos de rendimento*

O rendimento, em percentagem, é dado por

$$\eta = \frac{Pr}{Pe} \times 100 = \frac{Pe - P_p}{Pe} \times 100$$

Tendo em conta a expressão anterior de P_p, vem

$$\frac{\eta\, Pe}{100} = Pe - P_p = Pe - u\, Ve^2 + t\, Pe - w\, Qe - v\, \frac{Pe^2 + Qe^2}{Ve^2}$$

ou

$$Pe^2 + Qe^2 + \frac{w}{v} Ve^2\, Qe - \frac{t}{v} Pe\, Ve^2 + \frac{u}{v} Ve^4 - \frac{Pe}{v} Ve^2 = -\frac{\eta\, Pe}{100} \frac{Ve^2}{v}$$

$$Pe^2 - \frac{t - \left(\frac{\eta}{100} - 1\right)}{v} Ve^2\, Pe + Qe^2 + \frac{w}{v} Ve^2\, Qe = -\frac{u}{v} Ve^4$$

adicionando a ambos os membros

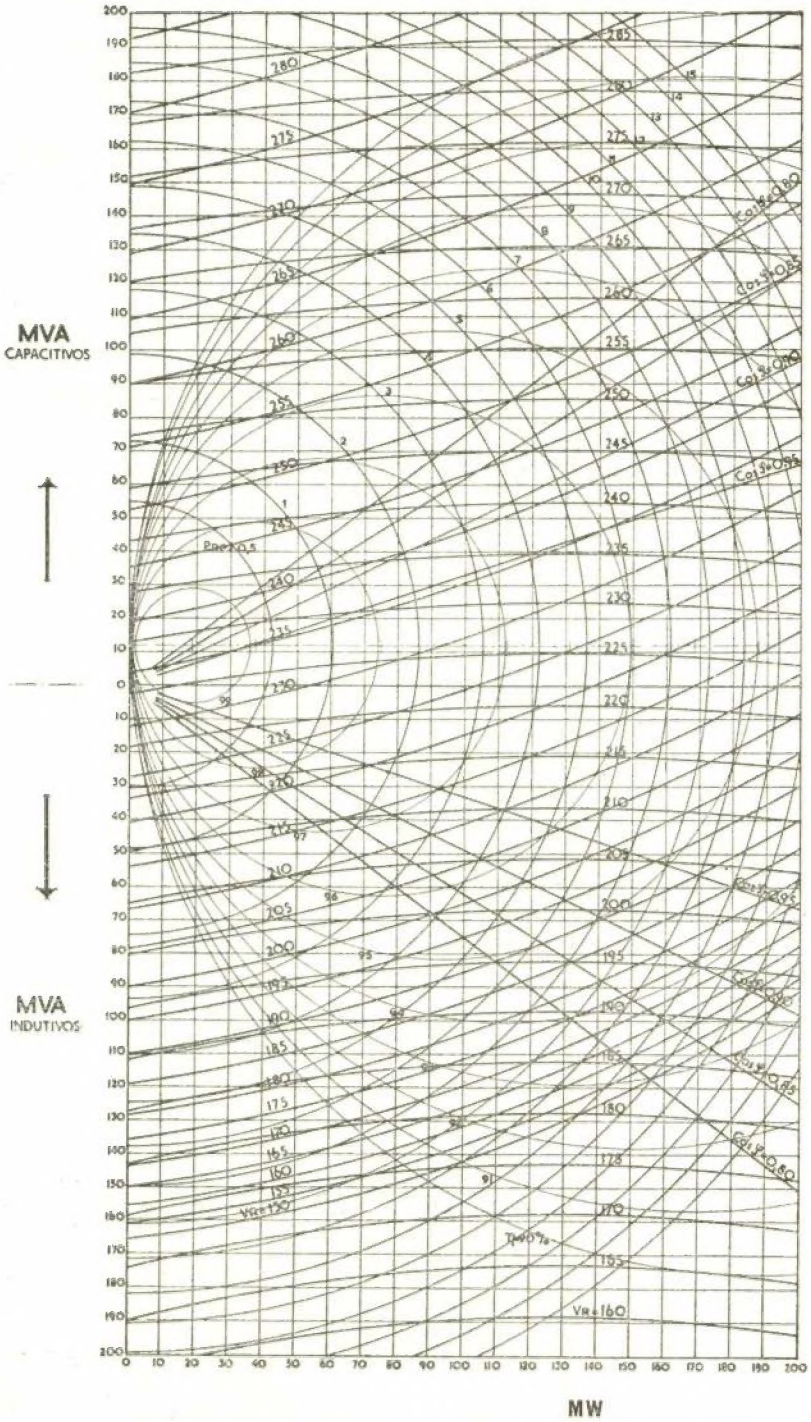
$$\left[\frac{t - \left(\frac{\eta}{100} - 1\right)}{2v}\right]^2 Ve^4 + \left[\frac{w}{2v}\right]^2 Ve^4 = \frac{\left[t - \left(\frac{\eta}{100} - 1\right)\right]^2 + w^2}{4\,v^2} Ve^4$$

teremos

$$\left[Pe - \frac{t - \left(\frac{\eta}{100} - 1\right)}{2v} Ve^2\right]^2 + \left[Qe + \frac{w}{2v} Ve^2\right]^2 = \left[\frac{Ve^2}{2v}\right]^2 \left\{\left[t - \left(\frac{\eta}{100} - 1\right)\right]^2 + w^2 - 4\,uv\right\}$$

Círculos de tensão constante
Círculos de Rendimento
Círculos de Perdas

$V_E = 230$ kV



NOTAÇÕES

V_E = Tensão na recepção, entre fases, em kV

V_R = Tensão na recepção, entre fases, em kV

P_{RP} = Perdas em MW

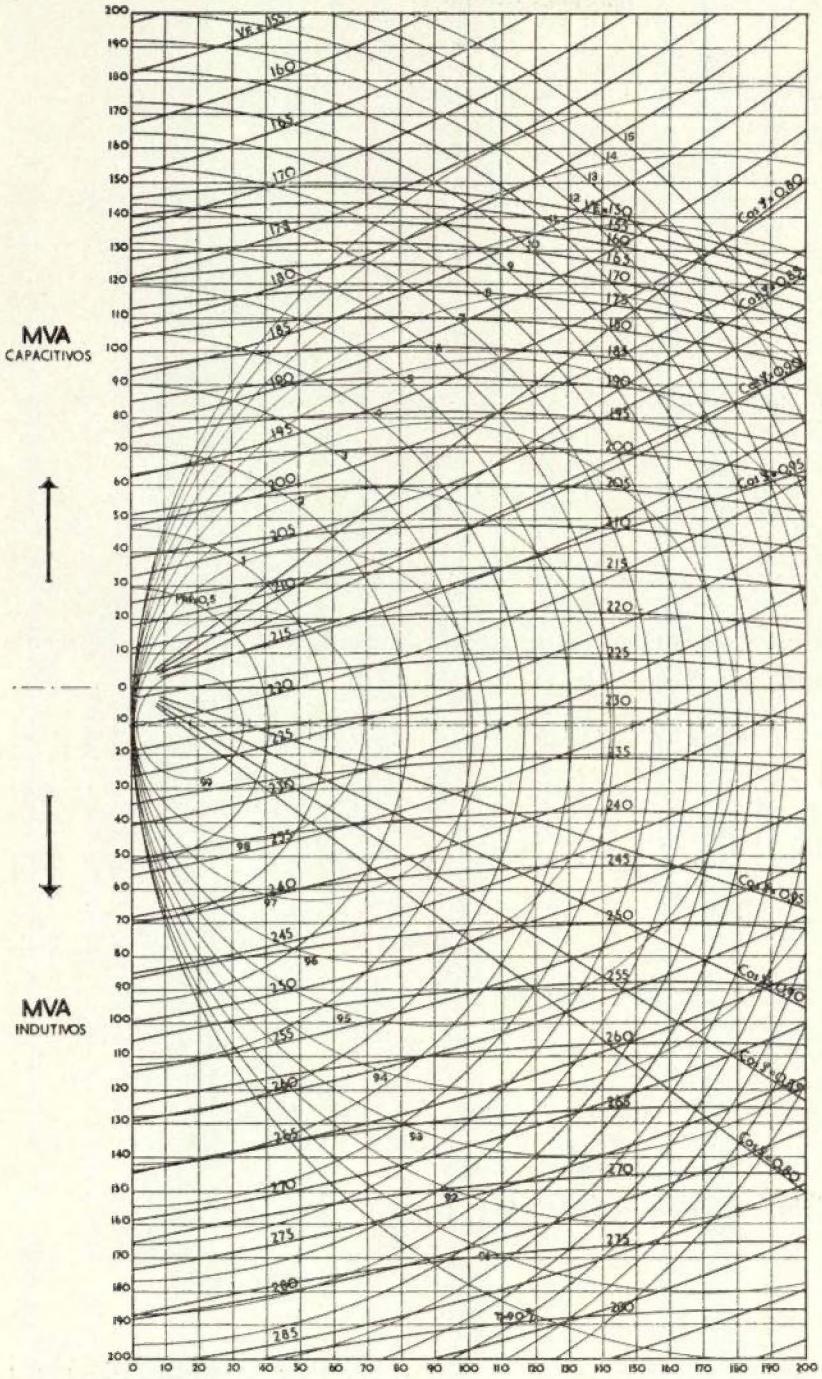
η = Rendimento em percentagem

CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS DA LINHA (Sem transformadores)

Resistência quilométrica	0,0814 Ω
Reactância quilométrica	0,4266 Ω
Susceptância quilométrica	$2{,}6531 \times 10^{-6}$ Ω
Impedância quilométrica	$0{,}0814 + j \times 0{,}4266$
Admitância quilométrica	$0 + j \times 2{,}6531 \times 10^{-6}$
Impedância total	$14{,}28 + j \times 74{,}83$
Admitância total	$0 + j \times 0{,}000.465$
Constantes auxiliares . . $\overline{A}$ =	$0{,}982.587 + j \times 0{,}003.323$
$\overline{B}$ =	$14{,}114.229 + j \times 74{,}411.481$
$\overline{C}$ =	$-0{,}000.000.5 + j \times 0{,}000.463$

Círculos de tensão constante
Círculos de Rendimento
Círculos de Perdas

$V_R = 220$ kV



CARACTERÍSTICAS GERAIS DA LINHA

Condutor	ACSR CROW 54/7
Secção total	409,5 mm²
Secção de alumínio.	362,5 mm²
Diâmetro de cada fio	2,92 mm
Diâmetro exterior	26,28 mm
Número de camadas de alumínio .	3
Número de fios da camada exterior	24
Disposição dos condutores	Em esteira
Comprimento da linha	175 km

para um sistema trifásico esta equação transforma-se em

$$\left[P_E - \frac{t - \left(\frac{\eta}{100} - 1\right)}{2v} V_E^2\right]^2 + \left[Q_E + \frac{w}{2v} V_E^2\right]^2 = \left[\frac{V_E^2}{2v}\right]^2 \left\{\left[t - \left(\frac{\eta}{100} - 1\right)\right]^2 + w^2 - 4uv\right\}$$

que é a equação de uma circunferência cujas coordenadas do centro são

$$A\eta = \frac{t \left(\frac{\eta}{100} - 1\right)}{2v} V_E^2 \qquad B\eta = -\frac{w}{2v} V_E^2$$

e cujo raio é

$$C\eta = \frac{V_E^2}{2v} \sqrt{\left[t - \left(\frac{\eta}{100} - 1\right)\right]^2 + w^2 - 4uv}$$

A condição de rendimento máximo é dada pela equação

$$C\eta = \left[t - \left(\frac{\eta}{100} - 1\right)\right]^2 + w^2 - 4uv = 0$$

donde resulta

$$\eta \max = 100 \times (t + 1 - \sqrt{4uv - w^2})$$

A título comparativo, apresentamos as equações dos círculos de perdas e de rendimento, para a hipótese V_R — constante. São as seguintes:

a) círculos de perdas

$$\left[P_R + \frac{t}{2v} V_R^2\right]^2 + \left[Q_R - \frac{w}{2v} V_R^2\right]^2 = V_R^2 \left[\frac{P_P}{v} + \frac{t^2 + w^2 - 4uv}{4v^2} V_R^2\right]$$

b) círculos de rendimento

$$\left[P_R + \frac{t - \left(\frac{100}{\eta} - 1\right)}{2v} V_R^2\right]^2 + \left[Q_R - \frac{w}{2v} V_R^2\right]^2 =$$
$$= \left[\frac{V_R^2}{2v}\right]^2 \left\{\left[t - \left(\frac{100}{\eta} - 1\right)\right]^2 + w^2 - 4uv\right\}$$

O rendimento máximo é, nesta hipótese, dado por

$$\eta \max = \frac{100}{t + 1 + \sqrt{4uv - w^2}}$$

É interessante verificar que esta expressão do rendimento máximo é idêntica à deduzida anteriormente, para a hipótese V_E = constante. Isto é:

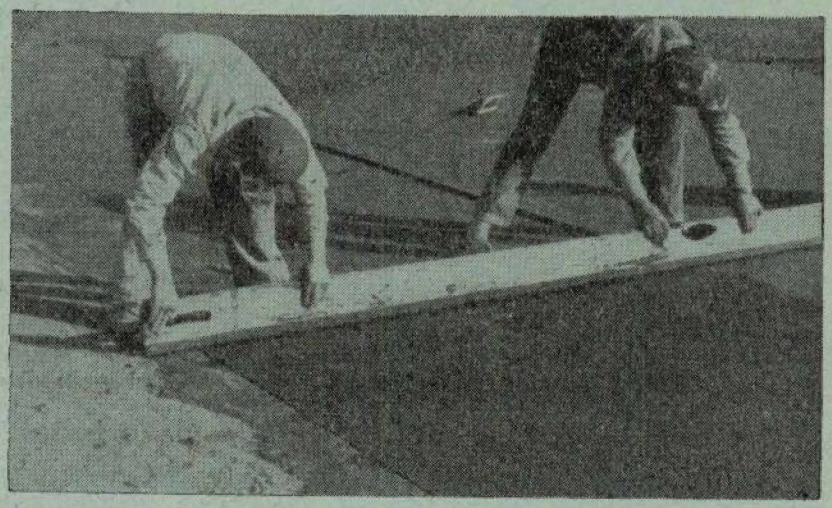
$$100 \times (t + 1 - \sqrt{4uv - w^2}) = \frac{100}{t + 1 + \sqrt{4uv - w^2}}$$

ou seja

$$(t + 1)^2 - (4uv - w^2) = 1$$

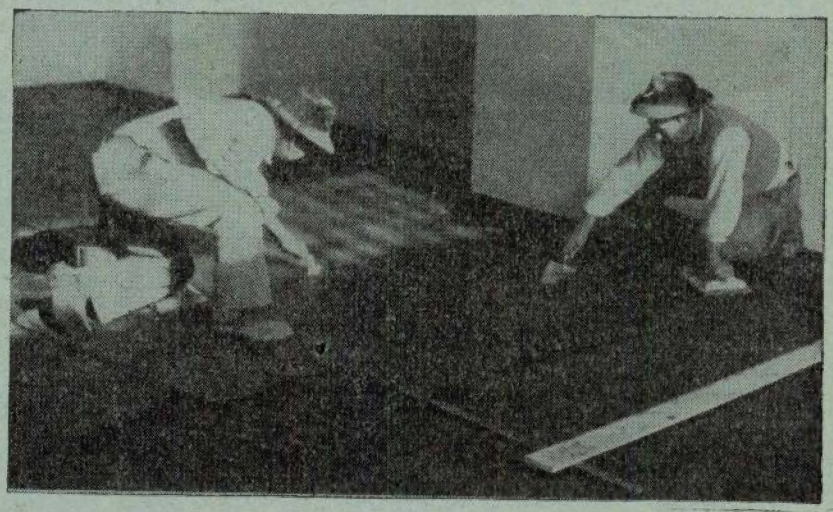
um pavimento resistente

de fácil aplicação a frio



Ilustram as fotografias, as três principais fases da aplicação de um pavimento **FLINTKOTE:**

- **Camada de aderência**
- **Espalhamento e nivelamento da argamassa**
- **Afagamento da superfície**



Assim se obtém um pavimento elástico, resistindo a trânsito pesado sem desagregação nem produção de poeiras, mau condutor do som e do calor, impermeável, incombustível e económico.

SHELL

FLINTKOTE

EMULSÕES BETUMINOSAS

UMA REALIZAÇÃO
DA MELHOR TÉCNICA
AUTOMOBILÍSTICA

DKW Junior

ROBUSTEZ ✦ CONFORTO
ECONOMIA ✦ SEGURANÇA

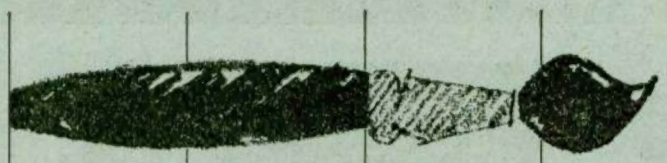
MOTOR DE 3 CILINDROS E 39 HP ✦ CAIXA COM 4 VELOCIDADES SINCRONIZADAS ✦ GRUPO MOTOR ✦ TRANSMISSÃO NA FRENTE SUSPENSÃO POR BARRAS DE TORÇÃO ✦ AMPLO ESPAÇO PARA PASSAGEIROS E PARA BAGAGENS.

Grande economia de manutenção ¤ Inspecções apenas aos 7500 km

REPRESENTANTES **DECAUTO** S. A. R. L.

LISBOA ✦ RUA DUQUE DE PALMELA, 27-A 27-B

4 papeis suiços de alta qualidade, para todas as necessidades técnicas

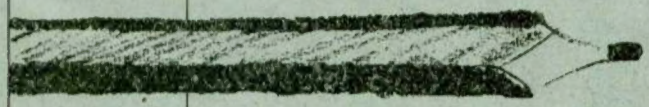


DÉPOSÉ SIHL SUPERBUS

Papel de desenho mate e acetinado granitado para aguarelas.

SIRIUS

Papel de desenho acetinado.



ASSISTENT

Papel de desenho mate.

Utoplex

Papel vegetal mate e acetinado.

Exija expressamente Papel Sihl
Papeteries Zuricoises sur Sihl Zurich

SIHL

Representantes em Portugal:
E. BRUNNER & CA., LDA., Rua de Aviz, 13, Porto
Distribuidores: DETÉCNICA
— Equipamentos Técnicos de Desenho, Ld.ª
Av. de Berna, 46-1.º D Telef. 76 53 21

A demonstração poderá ser efectuada, substituindo t, u, v e w pelas suas expressões em função das componentes de $\overline{A}$, $\overline{B}$ e $\overline{C}$ e tendo presente que

$$\overline{A}^2 = \overline{B}\,\overline{C} + 1$$

ou

$$a_1^2 - a_2^2 = b_1 c_1 - b_2 c_2 + 1$$

$$2\, a_1 a_2 = b_1 c_2 + b_2 c_1$$

Constata-se assim que o rendimento máximo de uma linha é ùnicamente função das suas constantes eléctricas. Deve notar-se, no entanto, que o valor do rendimento máximo tem apenas interesse teórico, porquanto as condições de regulação que esse rendimento impõe são em geral inaceitáveis.

3) Traçado dos diagramas

Na figura anexa encontram-se traçados os círculos de perdas e de rendimento relativos a uma linha de transporte, à tensão nominal de 220 kV, para as duas hipóteses de funcionamento seguintes:

a) tensão na recepção constante e igual a 220 kV
b) tensão na emissão constante e igual a 230 kV

Na mesma figura encontram-se indicadas as principais características eléctricas dessa linha. Estão igualmente traçados os circulos de tensão constante e as rectas

$$\cos \varphi = \text{constante}$$

O rendimento máximo desta linha é igual a 99,61 %.

7.º Congresso Internacional das Grandes Barragens

No 7.º Congresso Internacional das Grandes Barragens, que se realiza em Roma, de 26 de Junho a 2 de Julho de 1961 serão apresentados relatórios da autoria de engenheiros especializados dos Países — Membros Aderentes da Comissão Internacional das Grandes Barragens (C. I. G. B.), sobre os seguintes temas:

— Questão n.º 24: Escolha, preparação e especificação dos agregados no betão para grandes barragens.

— Questão n.º 25: Trabalhos subterrâneos relativos a grandes barragens.

— Questão n.º 26: Técnicas modernas relativas às barragens em betão para vales largos e às suas obras acessórias.

— Questão n.º 27: Estanquecidade das barragens em terra e enrocamentos por produtos betuminosos e outras matérias.

Os interessados poderão obter todos os esclarecimentos da Comissão Nacional Portuguesa da Comissão internacional das Grandes Barragens da Conferência Mundial da Energia.

Publicações técnicas da «Siemens»

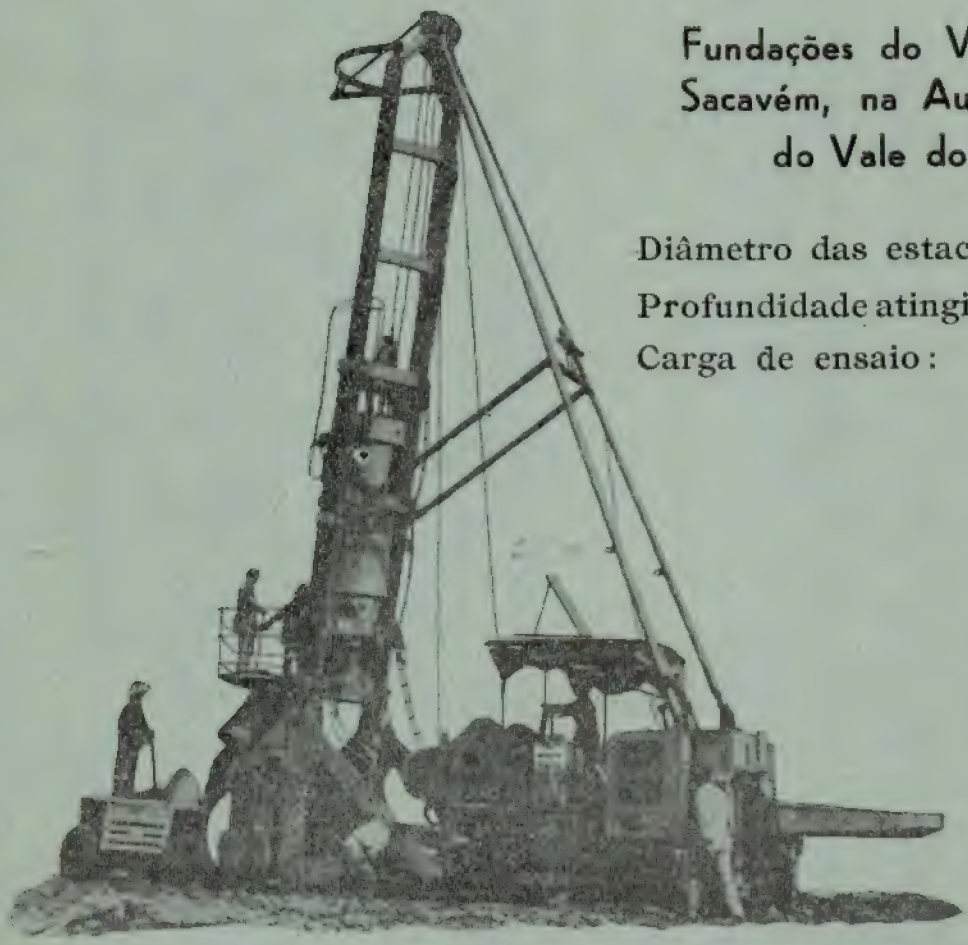
A «Siemens», está presentemente a estudar a viabilidade de distribuir pelos estudantes dos últimos anos do curso de Engenharia Electrotécnica publicações técnicas sobre assuntos de correntes fracas.

Os interessados devem dirigir-se, individualmente à «Siemens», Companhia de Electricidade, S. A. R. L., na Rua Augusta, 118-1.º

CONSTRUÇÕES TECNICAS L.DA

ESTACAS DE GRANDE PORTE SISTEMA

"BENOTO"



Fundações do Viaduto de Sacavém, na Auto-Estrada do Vale do Tejo

Diâmetro das estacas: 1 m
Profundidade atingida: 60 m
Carga de ensaio: 500 t

SEDE: PRAÇA DO MUNICÍPIO, 13-3.º — LISBOA
TELEFS. 2 23 44, 2 78 09 E 36 60 51/2

A EFA

Construiu o transformador do 5.500 kVA 44/4 kV que a gravura representa

★

Para vários produtores e distribuidores de electricidade, tem actualmente em construção os seguintes transformadores:

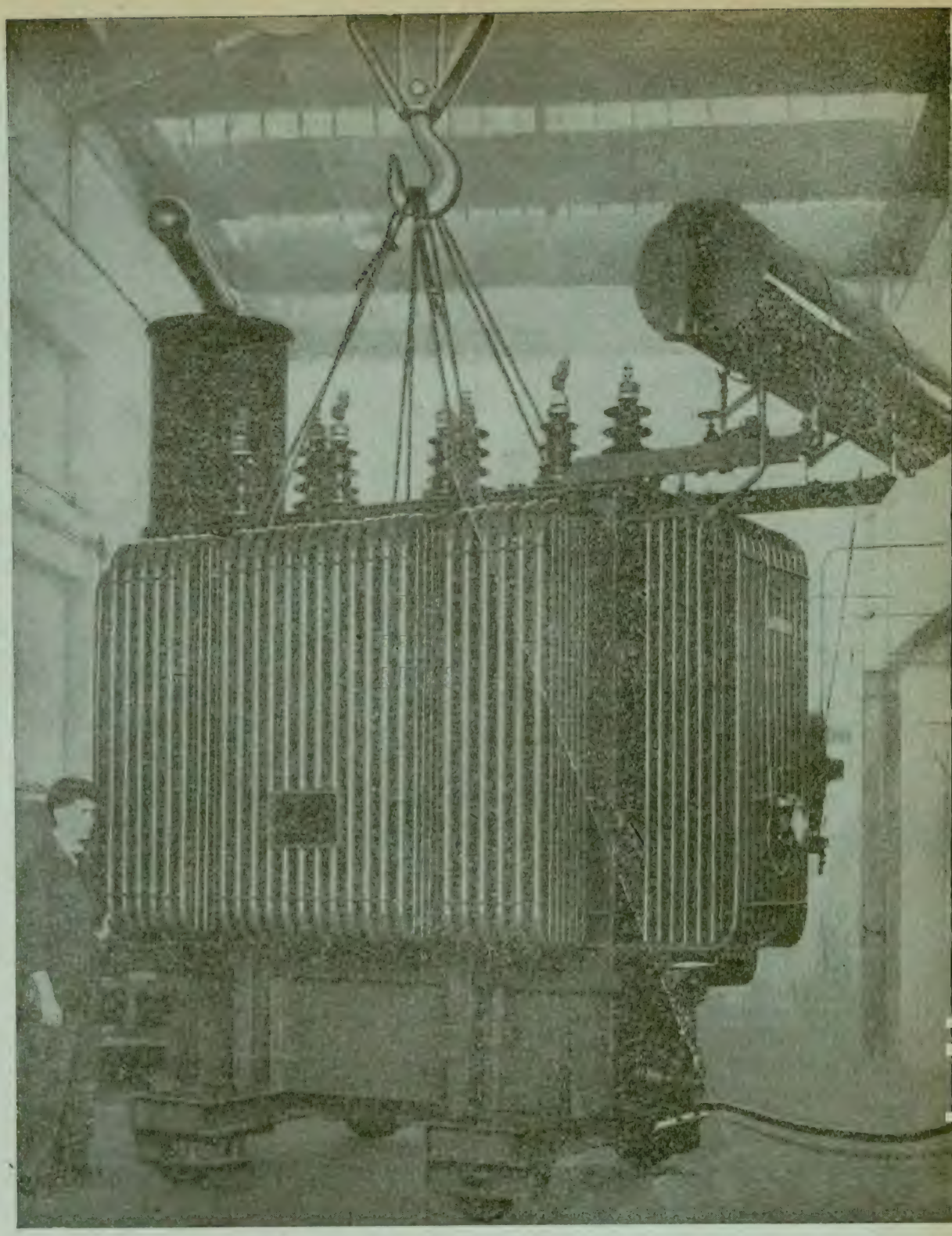
Um de 2.000 kVA
Dois » 5.000 »
Dois » 6.500 »
Um » 10.000 »
Um » 11.000 »
Dois » 13.000

e para outras indústrias

Um de 5.000 kVA
Dois » 10.000 »

★

Tensões até 70 kV



EFA - ACEC

INDÚSTRIA PORTUGUESA DE

Motores eléctricos — transformadores — electro-bombas

A EFA repara e constroi máquinas pesadas (transformadores e alternadores) de Centrais e Sub-estações sob Licença e usando processos dos Ateliers de Constructions Electriques de Charleroi (Bélgica)

C. D. U. 545.8

CROMATOGRAFIA EM FASE GASOSA

POR MARIA MARGARIDA HELENA DA SILVA E CARMO

Licenciada em Ciências Físico-Químicas
Técnico de 3.ª do Laboratório Químico da Comissão Reguladora
dos Produtos Químicos e Farmacêuticos

A chamada «Cromatografia em fase gasosa» constitui um poderoso recurso analítico especializado, em que se reflectem algumas características peculiares da nossa época, quer em seu rápido e variado desdobramento na aplicação, quer no custo elevado da respectiva aparelhagem.

Situação semelhante à que se verifica no escalão industrial, em que, por virtude do extraordinário e por vezes desconcertante ritmo do progresso científico e tecnológico, boas concepções de fabrico e boas máquinas ràpidamente se tornam obsoletas, mesmo no caso de linhas operacionais reputadas modernas e eficientes.

É manifesto, portanto, que a aquisição de instrumental moderno deve ser precedida do estudo realista do fundo teórico de cada questão e da evolução efectiva decorrente; caso contrário, jamais se conseguirá sair da estagnação ou de ilusório progresso, depressa ultrapassado. O que, vistas bem as coisas, equivaleria a manter aberto o caminho para a quietude económica, que precisamente entre-nós se pretende evitar. Quer dizer: mais do que nunca, a chamada preparação dos quadros, *trazida a nível do padrão internacional, tem importância decisiva para o futuro.*

Nesta ordem de ideias, o interesse do trabalho de D. Maria Margarida Carmo excede o âmbito do nosso Laboratório Químico. Estou a pensar nos que, neste sector, se encontram em situação semelhante à nossa, isto é, de preparação e de pré-especialização. Parece-me, portanto, que a sua publicação oferece real interesse prático, nomeadamente nas colunas da Técnica.

ARTUR S. CARDOSO PEREIRA

SUMÁRIO

I — Introdução
II — Breve notícia histórica sobre a evolução da Cromatografia em fase gasosa
III — Princípios fundamentais da Cromatografia em fase gasosa; suas possibilidades e aplicações
IV — Teoria e definições
V — Principais factores que afectam as separações
VI — Cromatogramas
VII — Apresentação dos resultados
VIII — Detectores

I — Introdução

O termo Cromatografia está ligado à ideia de separação e todos os métodos Cromatográficos envolvem a distribuição dos componentes a serem separados, entre 2 fases: uma constituída por um meio estacionário de vasta superfície e a outra por um fluido que atravessa essa fase estacionária.

Em geral uma fase é fixa e a outra móvel. Os processos cromatográficos em que a fase móvel é um gás designam-se sob o nome de:

Cromatografia a gás ou *Cromatografia em fase gasosa*. Esta pode subdividir-se, quanto à natureza da fase estacionária, em:

Cromatografia gás-líquido e
Cromatografia gás-sólido

Designa-se por *Cromatografia gás-líquido* (C.G.L.) ou Cromatografia de partilha gás-líquido o conjunto dos processos cromatográficos em que a

fase fixa é um líquido distribuído num suporte sólido.

Designa-se por *Cromatografia gás-sólido* (C. G. S.) o conjunto dos métodos cromatográficos em que a fase fixa é um sólido como o carvão activado.

Os métodos mais usados por serem, em geral, mais eficazes, são os de Cromatografia gás-líquido.

II — Breve notícia histórica sobre a evolução da Cromatografia em fase gasosa

Ainda que a técnica dos processos de Cromatografia em fase gasosa se tenha divulgado apenas a partir de 1952 com os trabalhos de Martin e James, estes trabalhos já resultaram duma longa elaboração de métodos e teorias.

Esta técnica tem por fundamento, como seria de prever, os métodos gerais de Cromatografia.

Já em 1931, Von P. Schuften experimentou um processo, então estático e descontínuo, de adsorção e desadsorção, que teve como principais continuadores K. Peters, Damköhler e Kahle, Ferber e Luther, publicando-se alguns trabalhos entre 1935 e 1943.

Em 1936 A. Eucken e a sua escola tentam transformar o método até então descontínuo numa desadsorção contínua por aquecimento gradual, dando os fundamentos teóricos do processo.

Edse e Harteck, em 1939 e 1940 realizaram ensaios em coluna, numa tentativa de combinar os processos de adsorção e desadsorção.

Os sistemas em que a fase móvel é um gás foram estudados por Martin e Synge, em 1941, e sugerem a moderna técnica da Cromatografia de partição, embora só em 1952 se publique o 1.º trabalho de aplicação do método. Pela mesma época Hesse e os seus colaboradores começam a trabalhar os processos de adsorção-destilação.

A separação de 2 líquidos: metanol e etanol, por uma corrente de ar, é realizada em 1943, por Damköhler e Theile. Experiências realizadas com outras misturas têm a duração de 1-6 horas e, por vezes, emprega-se o adsorvente impregnado de glicerina.

Entre 1946 e 1951 aparecem os trabalhos de Cremer e colaboradores, e a partir de 1952 a técnica de identificação de matérias voláteis por Cromatografia de partição gás-líquido toma rápido incremento tornando-se um poderoso meio de análise. Têm interesse os trabalhos de Turkeltaub (1950-51) na U. R. S. S., Janak (1953-55), na Polónia, Ray (1954) na Inglaterra e Patton (1955) nos U. S. A.

Em Maio de 1956, realiza-se em Londres o 1.º Simpósio Internacional de Cromatografia a gás com o fim de promover o interesse por este assunto.

Na realidade surgem a partir de 1956, numerosas publicações e a Cromatografia em fase gasosa toma grande desenvolvimento, sendo no entanto os resultados apresentados de maneiras tão divergentes que se torna difícil a sua comparação e compilação.

III — Princípios fundamentais da Cromatografia em fase gasosa; suas possibilidades e aplicações

A Cromatografia, como a destilação fraccionada é um método de separação dos componentes de uma mistura, utilizando as diferentes velocidades de migração através duma coluna. A separação depende, em ambos os processos, da distribuição dos componentes entre uma fase móvel e uma fase estacionária. Na Cromatografia em fase gasosa a primeira é um gás inerte e a segunda um sólido ou um líquido não volátil, enquanto na destilação temos a considerar o vapor e a fase líquida da própria mistura.

Das três técnicas de desenvolvimento usadas em Cromatografia:

Análise por eluição
Análise por deslocamento
Análise frontal

a mais generalizada na C. G. L. é a técnica da eluição.

Um aparelho usado na *C. G. L.* pode ser esquematizado como se indica na figura da página seguinte.

O método consiste em fazer passar a amostra gasosa ou líquida através duma coluna cheia de certas substâncias que adsorvem e rejeitam os diversos constituintes, à medida que um gás os arrasta. Os constituintes são diferentemente adsorvidos e vão emergir em momentos diferentes. Os dispositivos de detecção permitem diferenciar os produtos à medida que vão saindo da coluna.

A separação efectua-se numa coluna em que se encontra a fase estacionária, constituída por

um sólido poroso, inerte (suporte sólido) que está impregnado dum líquido não volátil (fase líquida).

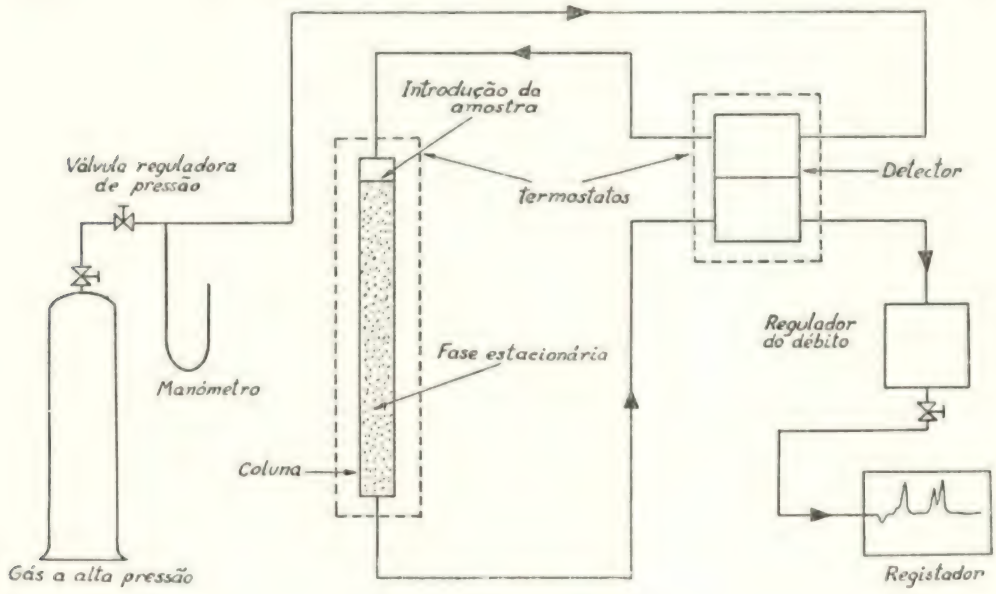
Uma pequena amostra (cerca de 0,01—0,05 cm^3 de líquido ou poucos cm^3 de gás) é introduzida na coluna, e arrastada por um gás inerte, permanente, compressível, o gás de arrastamento, que funciona como eluente e constitui a fase móvel, gasosa.

Este gás transporta, de maneira selectiva, através da coluna, mantida a temperatura constante, os componentes voláteis. A separação depende, como é óbvio, da volatilidade relativa dos constituintes, que é função da pressão dos seus vapores. Estes atravessam a coluna, a diferentes velocidades, em virtude da sua diferente solubilidade no líquído imóvel, e saem uns após outros da coluna separados por zonas de gás. As diferenças de solubilidade na fase líquida são devidas às diferentes volatilidades.

Quando um componente emerge da coluna pode ser recolhido e detectado produzindo determinada variação no detector que se traduz gràficamente num pico. A posição do pico identifica o composto e a superfície é proporcional à quantidade do componente presente na amostra desde que se mantenha o débito do gás constante.

O objectivo destes métodos é a separação, detecção e determinação dos constituintes de misturas de gases e líquidos que têm pontos de ebulição muito próximos para poderem ser isolados por aparelhos de destilação, ainda que muito especializados.

Da multiplicidade de factores que condicionam a eficiência do método, resulta a dificuldade de prever com precisão as condições óptimas para cada problema de separação, e ainda hoje, essas condições são mais indicadas pela experiência do que pelos conhecimentos teóricos.



Na *C. G. S.* pode usar-se qualquer das técnicas : eluição, deslocamento e análise frontal, conforme o problema em estudo, ainda que o desenvolvimento por deslocamento seja de difícil realização na Cromatografia em fase gasosa.

Os princípios e aparelhos da C. G. S. são semelhantes aos da C. G. L. usando-se como fase estacionária um adsorvente activo como o carvão activado ou zeolites em vez de um líquido adsorvido por um sólido. Este método é, na prática, quase ùnicamente usado, na análise de gases permanentes como o hidrogénio, oxigénio, azoto, metano, monóxido de carbono, etc.

A Cromatografia em fase gasosa completa e substitui os métodos clássicos de destilação fraccionada, de extracção e de espectroscopia, sendo já *um valioso instrumento na análise, um auxiliar no campo da investigação e uma boa técnica preparativa.*

As operações efectuadas nestas análises são simples, rápidas e precisas, as amostras necessárias são muito pequenas e o mesmo aparelho serve para todas as determinações. Análises que levavam horas, realizam-se em 5-30 minutos e a

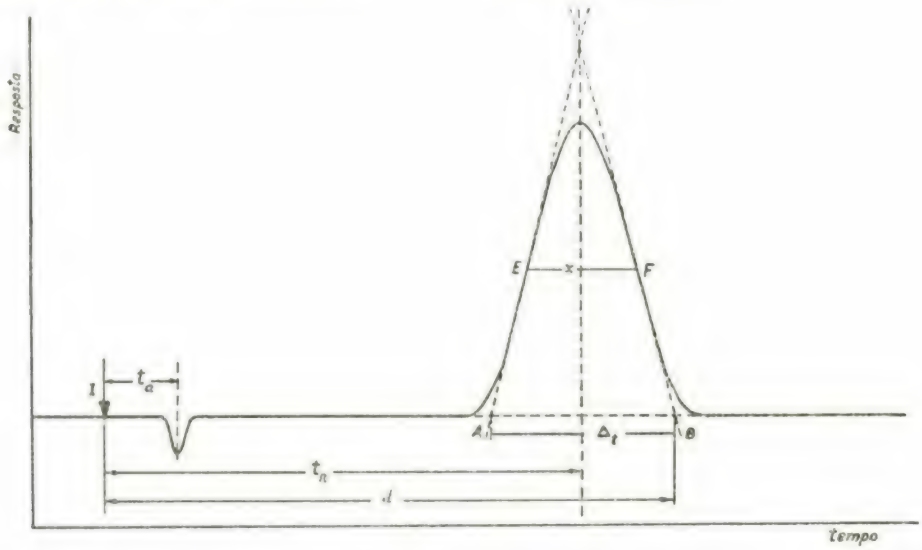
precisão é, em regra, aumentada de 0,25 %.

A Cromatografia em fase gasosa torna-se cada vez mais indispensável na análise de misturas, sobretudo nos casos de rotina.

Os métodos de C. G. L. são, geralmente, mais versáteis e dão picos mais estreitos e simétricos do que os métodos de adsorção (C.G.S.).

IV — Teoria e definições

Os cromatogramas são interpretados em função do tempo de retensão ou do volume de retensão ou do coeficiente de partição. As equações que relacionam estas grandezas são baseadas na teoria de James e Martin.



As possibilidades desta técnica são já bem evidentes nas suas numerosas aplicações, desde a análise dos produtos derivados do petróleo à indústria de plásticos, da separação de misturas azeotrópicas à análise dos óleos essenciais.

No entanto, a Cromatografia a gás tem o inconveniente de não caracterizar uma substância a não ser por um único parâmetro, como o tempo de retensão, e de as amostras não poderem ser superiores a alguns cm^3.

Na identificação de impurezas ou até de vestígios de compostos, principalmente em misturas gasosas, a quantidade de amostra é demasiado pequena e mesmo o emprego de colunas largas não resolve o problema da identificação desses picos. Neste caso e na análise de misturas complexas convém associar este processo com a espectrometria de massa e infra-vermelhos.

Além disso é aplicável, ùnicamente, às substâncias voláteis, como é evidente, e a pressão de vapor de cada componente deve ser tal que o seu transporte através da coluna não seja demasiado lento. Para aumentar essa pressão e portanto a velocidade de transporte deve operar-se a temperaturas elevadas, mas a pressão de vapor não deve exceder 1.000 mm de Hg à temperatura da experiência.

Tempo de retensão (não corrigido) — t_R — é o tempo requerido desde a injecção da amostra até ao máximo do pico correspondente ao componente considerado. Está ìntimamente relacionado com o volume de retensão.

Volume de retensão (não corrigido) — V_R — é o volume de gás, medido à pressão e temperatura à saída da coluna, necessário para levar o componente desde o injector ao detector.

$$V_R = t_R \, F_C$$

F_C — é o *débito do gás* medido, em geral, à pressão e temperatura ambientes, e que se exprime em ml/minuto. Pode corrigir-se para a pressão e temperatura da coluna.

Volume de retensão (corrigido) — V_R^O — é o volume V_R corrigido para a pressão na coluna, isto é, corrigido para a compressibilidade do gás. É pois o valor limite de V_R quando $p_i \rightarrow p_O$ sendo p_i a pressão de gás de arrastamento, à entrada na coluna, e p_O, à saída. Como o factor do gradiante da pressão é dado por $f = \frac{3}{2} \frac{(p_i/p_O)^2 - 1}{(p_i/p_O)^3 - 1} = \frac{p_O}{p_C}$ sendo p_C a pressão média da coluna, temos,

passando ao limite e fazendo as correcções necessárias:

$$V_R^O = V_R \frac{3}{2} \frac{(p_i/p_o)^2 - 1}{(p_i/p_o)^3 - 1} \text{ e } \frac{V_R^O}{V_R} = \frac{p_o}{p_c}$$

O coeficiente de partição — K — é definido por:

$$\frac{\text{quant. da sol./ml da fase líquida}}{\text{quant. da sol./ml da fase gasosa}}$$

K está relacionado com V_R^O pela expressão:

$$K = \frac{V_R^O - V_G^O}{V_L}$$

V_L — volume da fase líquida na coluna.
V_G^O — volume de retensão (corrigido) para uma amostra não absorvida, ou seja o volume da fase gasosa na coluna.

Dada a analogia que existe entre a destilação fraccionada e a Cromatografia em fase gasosa, esta também se exprime em número de pratos teóricos.

James e *Martin* pensavam que a técnica cromatográfica era uma sequência de processos descontínuos em que uma pequena quantidade de solução era equilibrada por um número relativamente grande de quantidades iguais do solvente (pratos teóricos).

Esta teoria foi revista e modificada por *Deemter, Zuiderweg* e *Klinkenberg* que estabeleceram relações que permitem calcular o comprimento da coluna equivalente ao número de pratos teóricos Com efeito, quando a substância é introduzida na coluna, dissolve-se na fase estacionária e durante o tempo em que atravessa a coluna, a sua pressão parcial na fase gasosa será igual à pressão do vapor sobre a solução, na fase estacionária.

O comprimento da coluna necessário para estabelecer este equilíbrio é análogo ao número de pratos teóricos numa coluna de destilação que efectuasse a mesma transformação, e esse comprimento é que se chama a altura equivalente ao número de pratos teóricos — *H. E. T. P.*

A equação de Van Deemter é da forma:

$$\text{H. E. T. P.} = A + B\,u + Cu$$

que representa uma hipérbole com um mínimo correspondente ao valor de $u = \sqrt{B/C}$.

A. B. C. — são constantes que podem determinar-se gràficamente

u — velocidade linear do gás de arrastamento.

Em geral a posição deste mínimo não é conhecida pois H. E. T. P. está condicionada pelos fenómenos que ocorrem na coluna e é controlada por 3 mecanismos: da difusão contra corrente, que resulta do suporte sólido da coluna, da difusão molecular da solução na fase gasosa e da resistência do soluto à massa transferida.

A termo correspondente à difusão contra corrente
B/u termo correspondente à difusão molecular
Cu termo correspondente à resistência à massa transferida

H. E. T. P. pode ser calculada a partir dos dados experimentais, pela equação

$$\text{H. E. T. P.} = \frac{l}{n} = \frac{l}{\left[4 \frac{d}{\Delta t} - 2\right]^2}$$

em que l — comprimento da coluna, n — número de pratos teóricos, Δt — espessura do pico, d — distância entre o ponto da injecção, no cromatograma, e a intercepção da tangente à 2.ª inflexão com a linha base.

Há muitas outras expressões que dão de maneira aproximada o número de pratos teóricos, assim como:

$$n = 16 \left[\frac{V_R}{\Delta t}\right]^2 \text{ ou } n = 16 \left[\frac{t_R}{\Delta t}\right]^2$$

Na expressão em que intervem o volume de retensão, a espessura do pico deve ser corrigida para a pressão na coluna. H. E. T. P. não depende apenas da coluna mas também do composto em estudo. Vemos pois que, para avaliar H. E. T. P. se propõem várias equações, pelo que se têm efectuado ensaios em colunas de diferentes comprimentos, fazendo variar a pressão e a velocidade linear do gás de arrastamento, parecendo confirmar-se que a difusão molecular é inversamente proporcional à pressão, ainda que apareçam anomalias para substâncias de coeficientes de difusão muito próximos.

A eficiência da coluna é a capacidade potencial que a coluna apresenta para separar duas substâncias que diferem muito pouco na sua afinidade para a fase fixa.

O grau de separação depende da altura dos picos e da distância entre eles. Esta é função dos

tempos de retensão dos componentes e a altura depende da eficiência da coluna. O factor de separação é igual à razão dos tempos de retensão dos dois componentes.

É evidente a importância de se separarem dois picos muito próximos e muitos trabalhos têm sido efectuados no sentido de atingir este objectivo. Neste aspecto não é vantajoso usar o H_2 ou o He como gases de arrastamento porque espraiam muito os componentes e atravessam a coluna ràpidamente ao contrário de N_2 que será portanto mais eficaz.

Quanto à nomenclatura e notações usadas a confusão provém sobretudo da ambiguidade na determinação de H. E. T. P. e da impossibilidade de tirar conclusões seguras sobre a eficiência da coluna. Esta dificuldade é mais acentuada quando os tempos de retensão dos componentes são bastante superiores ao tempo de retensão do gás inerte.

V — Principais factores que afectam as separações

a) — *Dimensões da coluna*

O *comprimento* da coluna é um factor muito importante visto que H. E. T. P. varia linearmente com o comprimento da coluna. O que interessa é fixar o comprimento mínimo necessário para dada separação. Em regra um acréscimo de comprimento faz aumentar a eficiência da coluna mas a relação não é proporcional porque há muitas outras variáveis em jogo.

Empregam-se colunas dos mais variados comprimentos (1 m — 50 m) e materiais (vidro, metal), mas, na maioria dos casos, um coluna de 2 m é satisfatória. Usam-se, frequentemente, colunas circulares em que o comprimento se exprime pelo número de ciclos que a substância percorre.

Como as colunas muito compridas dão picos mais largos e o tempo da experiência é maior, convém, para obter picos mais finos, aumentar a temperatura.

O efeito da difusão do líquido pode ser reduzido aumentando o comprimento da coluna e empregando apenas 5 % de fase líquida. A difusibilidade satisfaz em primeira aproximação à lei de Graham, sendo inversamente proporcional à raiz quadrada da densidade.

O diâmetro interno na maioria das colunas de C. G. L. varia entre 4 e 8 mm.

b) — *Suporte sólido*

Cromatografia gás-líquido

O suporte da fase líquida estacionária que enche a coluna é constituído por um material sólido, inerte e geralmente poroso. Não oferece dúvidas que o tempo de retensão corresponde ao equilíbrio entre as fases gasosa e líquida. Para que este equilíbrio se estabeleça ràpidamente o líquido imóvel deve estender-se uniformemente numa pequena espessura (cerca de 10^{-3} mm) à superfície do suporte sólido, granular, pelo que este deve ter uma área superficial adequada e as suas partículas serem pequenas e de alta porosidade.

O suporte inicialmente usado por James e Martin foi uma terra de diatomáceas como a «Celite», cujos derivados têm sido largamente empregados. No entanto a «Celite 545» não dá sempre bons resultados porque tem um poder de adsorção perto do de certas substâncias.

A granularidade do suporte e a proporção da fase líquida têm influência na eficiência da coluna.

Teòricamente a eficiência aumenta quando o tamanho das partículas diminue, mas os grãos muito finos provocam uma grande perda de massa e impedem a passagem do gás inerte.

Para baixas pressões o diâmetro dos grãos das partículas que constituem o suporte é da ordem de 124-152 μ.

Os sólidos não porosos têm pouco interesse prático.

Cromatografia gás-sólido

Verificou-se que os adsorventes que dão melhores resultados são a alumina, a sílica gel, o carvão activado e, mais recentemente as zeolites sintéticas. Este sólido deve ser bom adsorvente para os componentes da mistura pois constitui a fase estacionária.

Obteve-se boa eficiência para compostos de baixo ponto de ebulição, com sílica gel, que se mostrou insatisfatória para os compostos de elevado ponto de ebulição.

A alumina não se mostrou aconselhável quando está presente o anidrido carbónico.

As propriedades adsortivas da alumina dependem da água que contém e para se efectuarem separações reprodutíveis, deve ser deixada seca durante a noite e depois fazer passar o gás de

arrastamento através dela, à temperatura a que se efectuará a experiência.

A humidade tem influência semelhante na sílica gel.

As colunas de zeolites têm sido empregadas com êxito.

Os únicos gases que não são satisfatòriamente cromatografados são os gases permanentes como O_2, H_2, N_2, mas tem-se feito a sua análise com carvão activado.

Uma interessante separação de H_2, O_2, N_2, CO e CH_4 foi realizada por Madison usando carvão activado. Empregou para isso 2 colunas e um único detector e registador.

Têm-se usado colunas de adsorção com sílica gel, alumina e carvão activado, para separar certos hidrocarbonetos e até isótopos gasosos.

c) — *Fase líquida estacionária, na C. G. L.*

A fase líquida ou líquido imóvel — é um liquido relativamente pouco volátil, à temperatura da coluna, que é usado para impregnar o suporte sólido e tem a função de dissolver os componentes da amostra. A separação depende das diferentes volatilidades dos componentes e a sua escolha da composição da amostra.

Deve possuir as seguintes qualidades:

1 — Deve produzir uma partição diferencial dos constituintes a serem separados;

2 — Deve possuir bom poder solvente para todos os componentes da mistura e apresentar diferenças sensíveis nas solubilidades.

3 — A fase líquida deve ter constituição semelhante à dos componentes da mistura, uma composição química bem defenida e ser estável à temperatura da experiência.

Por exemplo, na separação de uma mistura sintética de hidrocarbonetos, como estes produtos são apolares, não é possível aproveitar as forças intermoleculares para melhorar a separação, logo deve escolher-se um líquido parafínico.

No caso de separação de uma mistura de alcoois, as forças intermoleculares são importantes, por isso a escolha deve fazer-se entre os líquidos medianamente polares, um ftalato, por exemplo.

Os grupos oxidrilos são caracterizados por uma atracção intermolecular muito forte, portanto a escolha dum líquido com vários oxidrilos como a glicerina, é indicada para a análise de compostos que contenham oxidrilos.

O benzildifenil é usado para separação de aromáticos e o politilenoglicol para a análise de aminas e alcoois.

Existem tabelas que indicam as fases líquidas estacionárias aconselháveis em certos casos.

Há no entanto, alguns solventes que, pela sua estrutura, têm larga aplicação, como os esteres ftálicos.

4 — O peso molecular do líquido imóvel é escolhido em função da temperatura indicada para a análise, mas não pode ser muito elevado por causa da viscosidade. É interessante notar que a resistência à massa transferida na fase líquida nem sempre é função da viscosidade.

5 — Deve possuir fraca viscosidade pois a difusão devida à solubilidade é inversamente proporcional à viscosidade.

6 — O gás de arrastamento deve ser insolúvel na fase líquida.

7 — O gás de arrastamento e os componentes da mistura não devem ter acção química sobre o líquido.

8 — A fase líquida deve ter baixa pressão de vapor (250° C $< P_{ebul.} <$ 300° C).

9 — Por vezes a formação de complexos instáveis é auxiliar da separação.

Philips conseguiu aumentar a eficiência duma coluna usando sais metálicos, como estearatos de cobre e zinco e oleato de níquel, como fase estacionária, melhorando a separação de substâncias capazes de formarem, em solução, com esses metais, iões complexos.

Os líquidos não voláteis, usados em Cromatografia em fase gasosa, classificam-se em:

apolares — compreendendo as parafinas de alto ponto de ebulição, óleos «Apiezon», silicones e gorduras.

medianamente polares — esteres de alcoois de grande peso molecular e elevado ponto de ebulição e

fortemente polares — como poliglicois e os seus esteres.

As fases estacionárias polares usam-se na separação de compostos polares, as não polares em todos os casos, mas são mais indicadas para substâncias não polares. Substâncias de polaridade semelhante são, em geral, separadas por

ordem dos seus pontos de ebulição, mas grupos activos como OH e CO podem afectar os tempos de retenção.

O líquido escolhido deve cobrir o maior intervalo possível de temperaturas.

A temperatura mínima para dado líquido é o seu ponto de congelação que, nalguns casos, é superior à temperatura ambiente.

O limite superior depende da pressão de vapor do líquido e é considerado como a temperatura a que a perda por volatilização é de 1 mg/hora, para o débito de gás que é indicado.

Quando a análise a efectuar inclua a identificação e determinação de numerosos compostos é necessário usar várias colunas.

A razão da fase líquida para o suporte inerte varia, na prática entre 15:100 e 50:100 partes, por peso.

Se a proporção da fase líquida aumenta, surgem fenómenos de difusão, principalmente, para grandes valores de débito. Se pelo contrário, desce a 5:100, a adsorptividade residual do suporte causa interferências nos picos.

A proporção da fase líquida deve ser pequena quando a amostra a analisar é diminuta.

Quando uma substância líquida obedece à 2.ª lei de Henry para a fase estacionária, produz, ao emergir da coluna, um pico simétrico no cromatograma. De acordo com esta lei, a pressão parcial do vapor na solução diluída é proporcional à sua fracção molar. Convém notar, no entanto, que curvas assimétricas podem resultar da adsorção ao suporte. As substâncias devem satisfazer à lei de Henry para toda a gama de concentrações em que são aplicadas na C. G. L.

A razão entre os tempos de retensão de 2 substâncias é, aproximadamente, inversamente proporcional à razão das pressões dos seus vapores sobre as suas soluções, de igual concentração molar, na fase estacionária.

Há tabelas que dão os valores dos volumes de retensão, para as fases estacionárias mais conhecidas, de maneira a ser possível identificar compostos desconhecidos.

d) — *Temperatura da coluna*

As variações de temperatura afectam a volatilidade dos compostos e por isso a eficiência da separação.

A importância deste factor deriva de que H. E. T. P. é inversamente proporcional à constante de difusão e portanto à temperatura.

A elevação de temperatura aumenta a constante de difusão e melhora, em regra, a eficiência, mas nas séries homólogas de compostos de elevado peso molecular, em que o calor de vaporição é superior ao dos elementos mais leves, a diferença de volatilidade entre os diferentes compostos diminue quando a temperatura aumenta; logo é preciso escolher a temperatura entre 2 limites.

A escolha da temperatura depende ainda da natureza da fase estacionária e da substância em estudo sendo, usualmente, indicada pela prática.

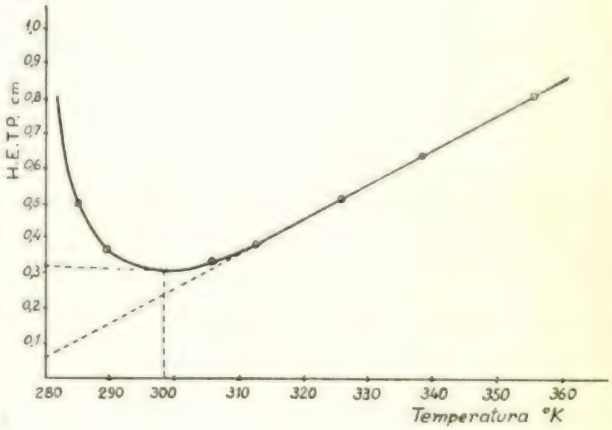
Quando se pretenda fazer a análise de uma mistura de compostos compreendendo um largo intervalo de pontos de ebulição, é necessário efectuarem-se análises de multiplas amostras a diferentes temperaturas.

Uma técnica diferente consiste em aquecer a coluna durante a operação.

A curva que exprime H.E.T.P. em função da temperatura é hiperbólica o que está de acordo com a teoria.

$$H.E.T.P. = A + BT + CT^{-1}$$

A, B, C são constantes.



A eficiência será máxima para H.E.T.P.=0,33 cm e para a temperatura de 24° C.

Verifica-se experimentalmente que a relação entre log V_G e $\frac{1}{T_C}$ é aproximadamente linear.

V_G — volume de retensão específico ou seja o volume de retensão por grama.

T_C — temperatura da coluna em graus Kelvin.

Este facto está relacionado com a Termodinâ-

ANHYDRO

INSTALAÇÕES DE SECAGEM POR ATOMIZAÇÃO E DE EVAPORAÇÃO PELO VÁCUO

Instalações modernas com múltiplas vantagens

Instalação AHNYDRO de secagem por atomização fornecida a Wilts United Dairies, Ltd. — Whitland, Wales.

Capacidade de evaporação :
3660 lbs/h (1660 kg/h)

Consumo de vapor * :
7320 lbs/h (3320 kg/h)

Potência consumida :
25 kW

* incluindo o vapor para a turbina do ventilador.

Uma das maiores instalações do mundo!

Os Evaporadores e instalações de secagem por Atomização ANHYDRO, são usados em todo o mundo na secagem de leite, ovos, sangue, extracto de tanino, lexívia sulfatada, caolino, sabão e detergentes e ainda uma grande variedade de outros produtos alimentares, produtos químicos, farmacêuticos, etc.

ANHYDRO fornece algumas das maiores instalações do mundo, as quais satisfazem as exigências sempre crescentes de uma melhor qualidade do pó e maior economia de produção. Para a obtenção de produtos em pó, as instalações ANHYDRO oferecem as maiores vantagens, reduzindo as despesas de produção e manutenção. Um tempo curto de retenção no secador, graças à remoção forçada, assegura um produto de alta qualidade.

V. Ex.ª têm à sua disposição a experiência especializada dos nossos engenheiros, fruto da montagem de muitas instalações em várias indústrias. Queiram escrever-nos pedindo literatura e mais informações.

— Usadas em todo o mundo

ANHYDRO

Representante em Portugal :

Mundinter - Intercâmbio Mundial de Comércio, SARL

Av. António Augusto de Aguiar, 138 - Lisboa - Tel. 73 21 31/7 - Teleg. Intercâmbio

ANHYDRO A/s - NORREGADE 36 - COPENHAGUE - DINAMARCA

TRANSFORMADORES
ENAE
LICENÇA SIEMENS-SCHUCKERT
ATÉ
1600 kVA
35 kV
DA CONCEPÇÃO AO
ENSAIO
O RIGOR E O
CUIDADO QUE FAZEM
AS OBRAS PERFEITAS
EMPRESA NACIONAL DE APARELHAGEM ELECTRICA — AV. 24 DE JULHO, 158 — LISBOA

mica destes sistemas, em que

$$\log \frac{K}{T_C \rho_C} = \frac{\Delta H_S}{2{,}3\, RT_C} + K_1$$

sendo

ρ_C — a densidade do soluto, à temperatura da coluna.

ΔH_S — a fracção molar de vaporização do soluto.

O coeficiente de partição K, supõe-se independente da concentração das substâncias e igual a:

$$\frac{\text{conc. da amostra na fase líquida}}{\text{conc. da amostra na fase móvel}},$$

como é válido para as baixas concentrações.

Sabendo que

$$V_G = \frac{273\ K}{T_C \rho_C}$$

vem

$$\log V_G = \frac{\Delta H_S}{2{,}3\, RT_C} + K_2$$

$$R = 1{,}987\ \text{cal}/^{\circ}/\text{mol}$$

Se ΔH_S for constante o log V_G será uma função linear de $\frac{1}{T_C}$. Sendo *m* o coeficiente angular dessa recta

$$\Delta H_S = -2{,}3 \left[R\, m - R\, T^2_C \frac{d \log \rho_C}{d\, T_C} \right]$$

A obtenção de uma ligeira curva é devida ao facto de ΔH_S não ser sempre constante e ρ_C ser menor que o erro experimental.

e) — *Débito do gás de arrastamento e sua natureza*

O gás de arrastamento, ou seja a fase móvel gasosa, é um gás inerte usado como eluente no transporte dos componentes da mistura através da coluna.

A eficiência da coluna depende da velocidade linear do gás de arrastamento, que não é uniforme ao longo da coluna.

Como a fase gasosa é compressível existe um gradiante da velocidade através da coluna, e só numa porção desta se pode operar com um máximo de eficiência. Define-se a velocidade linear do gás de arrastamento, pela razão entre o comprimento da coluna l e o tempo de eluição do ar

$$u = \frac{l}{t_a}$$

As alterações da velocidade dependem dos valores das pressões à entrada e à saída da coluna.

Por comodidade, substitue-se a velocidade linear pelo débito do gás que é fàcilmente controlado pelas pressões e se exprime em ml/minuto.

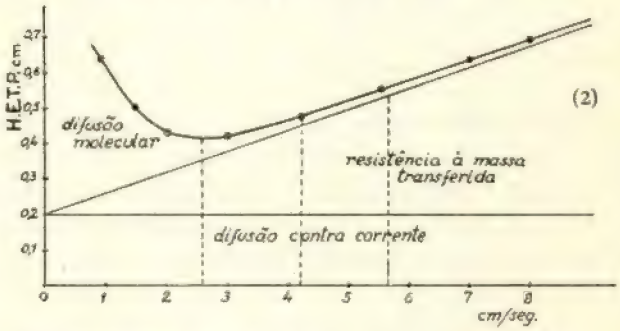
Uma diminuição do débito aumenta o número de pratos teóricos mas, quando se torna muito fraco, a difusão é má, o que é prejudicial.

O débito depende, entre outros factores, do diâmetro da coluna. Na prática, o débito de 100 ml/minuto é satisfatório para as colunas de 6 mm de diâmetro interno.

Estudos da teoria cinética do gás de arrastamento em comparação com a coluna de fraccionação conduzem a expressões que dão o débito óptimo para uma separação máxima. Este corresponde ao valor óptimo da velocidade linear para as condições da experiência.

A curva que traduz a *influência da velocidade do gás de arrastamento na eficiência da coluna é hiperbólica.*

$$\text{H. E. T. P.} = A + B/u + Cu$$



(2)

(2) An. Chem. 1958, 30, 327.

Verifica-se que a velocidade linear do gás de arrastamento será óptima para o valor 2,55 cm/s, o que corresponde à velocidade, à entrada, de 1,6 cm/s, e à velocidade, à saída, de 3,5 cm/s.

H. E. T. P. varia de 0,48 cm, à entrada até 0,43 cm, à saída, passando por um mínimo a 0,415 cm.

Assim, para baixos valores do débito, a eficiência da coluna é controlada pela difusão molecular; para as grandes velocidades, a resistência do soluto à massa transferida torna-se o factor predominante. A difusão contra corrente não é afectada pela velocidade do gás.

A eficiência da separação de misturas com baixo ponto de ebulição depende muito da natureza do gás de arrastamento.

O mais usados são o azoto, o hidrogénio, o hélio e o óxido de carbono, que são quase insolúveis nas fases estacionárias conhecidas. Usa-se também o acetileno e mais recentemente o argon.

O H_2 e He têm uma condutividade 6 vezes superior ao N_2 mas têm desvantagens quanto ao processo cromatográfico e à sua natureza.

Tem-se estudado o efeito de diferentes gases sobre o tempo de retensão de determinada substância numa mesma coluna, mas a comparação, só pode fazer-se para as mesmas condições de pressão e temperatura. Quando estas condições variam, a comparação é pràticamente impossível dadas as correcções que teriam de fazer-se.

f) — *Grandeza da amostra*

Nos aparelhos de Cromatografia em fase gasosa a amostra a analizar líquida, e, em geral, da ordem de 2-20 μ l. É injectada com micropipetas ou microseringas especiais por um processo rápido e conveniente.

No caso de um gás, a amostra introduzida varia entre 0,5 ml e 5 ml, medida normalmente, à pressão atmosférica.

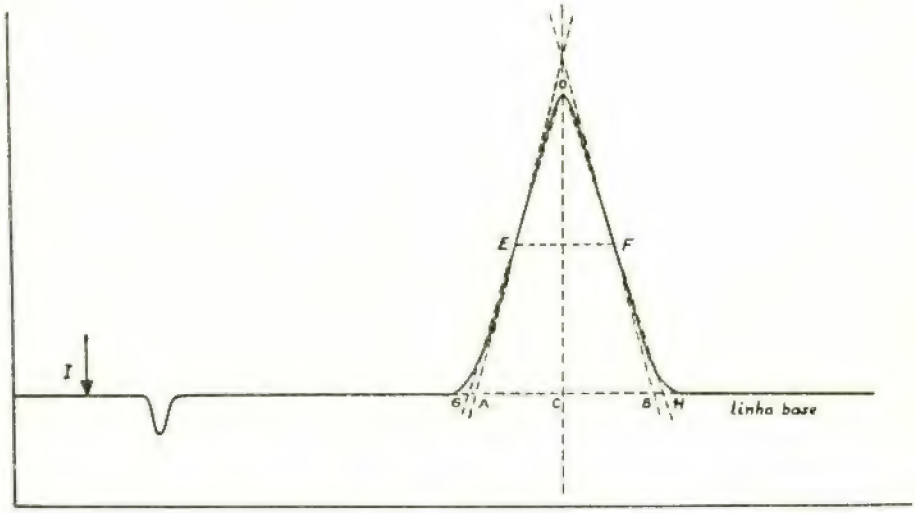
A técnica de introdução da amostra consiste em deslocar pelo gás de arrastamento um volume conhecido do gás, encerrado numa câmara calibrada. É vulgar usar-se um tubo em *U* munido de «by-pass» e de um sistema de torneiras, que permite introduzir um volume exacto de gás.

O início de um cromatograma é independente da grandeza da amostra mas o máximo do pico emerge tanto mais tarde quanto maior for a grandeza da amostra.

As indicações da forma como é injectada a amostra, o seu volume e a temperatura do sistema injector são úteis para a interpretação do cromatograma.

A amostra exigida depende da sensibilidade do aparelho.

VI — Cromatogramas



O Cromatograma — dá-nos a resposta do detector em função do tempo ou do volume do gás de arrastamento.

A linha base (zero) — é a porção do Cromatograma que corresponde à emergência do gás de arrastamento.

Pico — é a porção do cromatograma que corresponde à emergência de um dado componente da amostra. É a única fonte da análise quantitativa em Cromatografia em fase gasosa.

Base do Pico — é o segmento de recta $\overline{GH}$ obtido pelos pontos em que 2 rectas partindo do máximo do pico interceptam a linha base.

Area do pico — é a área compreendida entre o pico e a linha base.

Altura do pico — é a distância $\overline{OC}$ do máximo do pico até à linha base, medida paralelamente ao eixo.

Espessura do pico a meia altura — é o segmento $\overline{EF}$ paralelo à base do pico e que bissecta a altura.

Espessura do pico — é o segmento $\overline{AB}$ da base

do pico, interceptado pelas tangentes nos pontos de inflexão de cada lado do pico.

A área do pico só é directamente proporcional à quantidade presente do componente, na amostra, se admitirmos que o débito é constante. A constante de proporcionalidade pode determinar-se experimental ou teòricamente, para cada composto. Há vários processos de determinar a área do pico mas o mais usado é o da área do triângulo para que tende o pico, portanto basta multiplicar a altura do pico pela sua espessura a mais altura. Usam-se planímetros e integradores automáticos.

$$S = K \cdot \overline{OC} \times \overline{EF}$$

As áreas dos picos são corrigidas, se necessário, de acordo com as características do detector.

A leitura do cromatograma é interpretada em relação à curva de calibração obtida com quantidades conhecidas dos mesmos compostos. Usa-se também adicionar um líquido de referência, de concentração conhecida a uma porção da amostra, cromatografar a mistura em condições idênticas e calcular depois as áreas em relação às áreas dos picos da substância de referência. A quantidade do componente A, em percentagem será:

$$\% \text{ A} = \frac{\text{Área corrigida do pico A}}{\text{Área corrigida do padrão}} \times \% \text{ do padrão na mist.}$$

O padrão interno não deve ser componente da amostra nem interferir nos picos.

Os resultados só são quantitativos quando os componentes estão bem separados e o cromatograma retoma a linha base.

Caso contrário, podem ainda calcular-se as áreas, fazendo as necessárias correcções, e usando os processos já conhecidos dos outros métodos cromatográficos. Por exemplo, podem completar-se as curvas supondo que satisfazem a lei de Gauss e depois calcular as áreas.

Se o cromatograma não retoma a linha de base, toma-se um dos patamares como zero e referem-se as alturas dos picos a essa linha da base. Como a altura do pico é função da concentração máxima do componente na amostra é mais fácil, para trabalhos de rotina, medir essa altura do que a respectiva área, visto que é independente das condições operatórias, como a injecção da amostra. No entanto, esta substituição só é válida se as condições de temperatura e o débito se mantiverem.

As principais causas dos erros na análise quantitativa são: a área não ser rigorosamente triangular e as deficiências nas medidas do débito.

A área do pico não depende do volume da amostra injectado, das alterações do volume de retensão devidas às mudanças de eficiência da coluna, e da temperatura, desde que não haja variação de sensibilidade do detector.

A altura do pico e o volume de retensão, não são afectados pelos erros nas medidas do débito mas dependem da eficiência da coluna, da temperatura, da fase líquida e do volume da amostra injectado. Portanto estas condições devem manter-se depois da calibração.

Mesmo em colunas à mesma temperatura e empregando o mesmo gás de arrastamento é necessário o conhecimento da temperatura, do débito, da pressão do gás, da razão das pressões à entrada e à saída da coluna $\frac{p_i}{p_o}$, do volume de gás total V_G^O, do volume ocupado pela fase líquida na coluna V_L, da grandeza da amostra e da forma como foi injectada para que a posição do pico nos forneça uma informação segura.

O volume de retensão V_R, o volume de retensão corrigido V_R^O, o tempo de retensão t_R, o coeficiente de partição K e o volume de retensão específico V_G são usados para descrever a posição do pico. As 3 primeiras grandezas dependem do aparelho e da técnica usados.

Quando se usa uma determinada fase estacionária em que as solubilidades e volatilidades são os únicos factores intervenientes, os componentes emergem por ordem dos seus pontos de ebulição. Na prática há outros factores que afectam os tempos de retensão como as polaridades da fase estacionária e da amostra e as interacções desta com certos componentes.

A ordem de emergência depende pois da natureza da fase estaçionária e os trabalhos de diferentes autores só são comparáveis se usarem a mesma fase estacionária.

Picos assimétricos correspondem a temperaturas da coluna demasiado baixas relativamente à volatilidade da amostra.

VII — Apresentação dos resultados

Os resultados das análises por Cromatografia em fase gasosa podem ser apresentados de diversas maneiras. Em regra usa-se um dos 4 processos seguintes:

1 — Publicação dos cromatogramas
2 — Tabelas dos tempos de retensão
3 — Tabelas dos volumes de retensão
4 — Tabelas dos coeficientes de partição

1. — *A publicação de um cromatograma* dá-nos uma informação mínima sobre o objectivo da análise e ocupa muito espaço, pelo que não se recomenda a não ser em casos excepcionais.

2. — *A apresentação dos tempos de retensão* é o método mais geralmente aceite porque conduz a uma rápida apreciação dos resultados, dá indicação sobre o poder de separação dos diferentes solventes para dada mistura e os resultados não são afectados pelo débito do gás ou pelo gradiente da pressão.

Para apresentar estes valores é necessário apenas fazer a extrapolação ao zero e corrigi-lo para o possível efeito da variação da temperatura.

Por outro lado, estes valores são por vezes inadequados, porque se 2 solventes diferentes podem dar tempos de retensão idênticos para a mesma mistura, também é possível que dêem tempos de retensão com uma diferença considerável.

Verificou-se, experimentalmente, por comparação com padrões estandardizados que os resultados correspondentes são superiores às quantidades da amostra presentes.

Os tempos de retensão devem ser tomados, pelo menos, a 2 temperaturas diferentes.

3.4 — *Os métodos que usam a publicação dos volumes de retensão e dos coeficientes de partição* podem considerar-se em conjunto, pois basta conhecer a densidade do líquido para fazer a conversão de uns dados nos outros. Lògicamente K, o coeficiente de partição, seria o melhor parâmetro, porque é adimensional, é uma constante bem definida e geralmente aceite e refere-se às condições da coluna. K dá-nos a precisão dos metodos convencionais e os dados podem obter-se através das análises de rotina que dão os valores das propriedades das soluções a diluição infinita.

Por outro lado, o volume de retensão é, por vezes, mais conveniente, quando o volume do gás é arbitràriamente reduzido.

As tabelas do volume de retensão e dos coeficientes de partição têm, em geral, sido apresentadas para uma única temperatura, o que leva a conclusões erróneas visto que este factor altera as condições de separação. Devem fazer-se as medidas a duas ou mais temperaturas e as necessárias interpolações para que o processo seja aceitável.

James e Martin e depois Desty e Whyman verificaram que, fazendo o gráfico dos log. dos volumes de retensão em função do número de átomos de *C*, para os compostos de séries homólogas, se obtinha uma recta. Também em ensaios com compostos de séries homólogas, usando 2 colunas, *A* e *B*, o gráfico dos volumes de retensão obtidos na coluna *A* em função dos log. dos volumes de retensão na coluna *B* é uma recta. Estes gráficos conjuntamente com as tabelas mencionadas são úteis para a identificação.

VIII — **Detectores**

A sensibilidade do detector de um aparelho de Cromatografia em fase gasosa é função da sensibilidade do seu registador, do volume de retensão da amostra e das condições da coluna, durante a experiência. Devem defenir-se, em cada caso, as condições operatórias que afectam a sensibilidade do detector como a temperatura, a pressão, o débito e a natureza do gás de arrastamento, e ainda o processo usado na detecção.

O limite de sensibilidade de dado detector é definido pela grandeza mínima da amostra que pode ser detectada e para a qual os resultados são reprodutíveis.

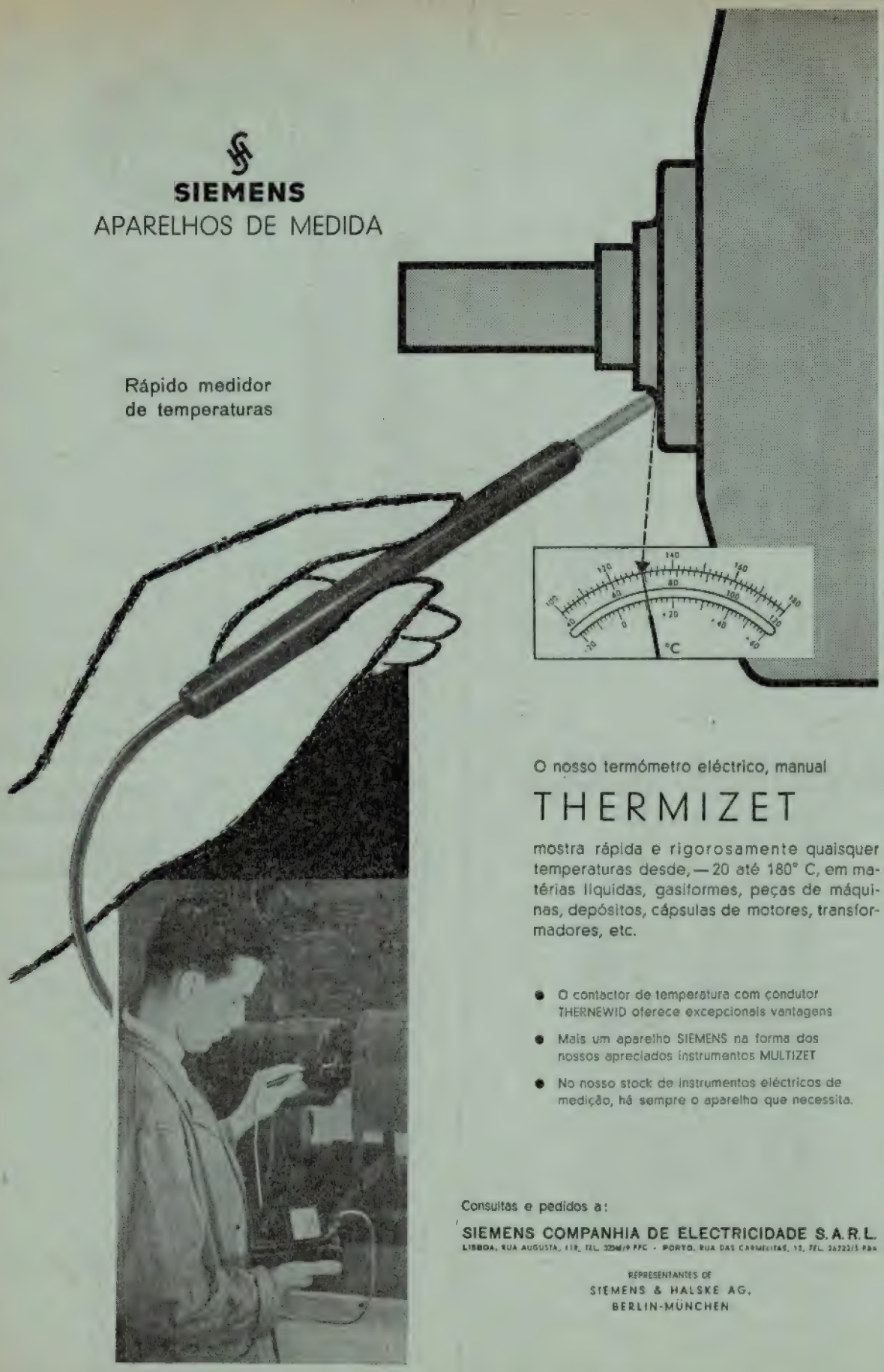
Os detectores usados podem ser do tipo diferencial ou integral.

O detector diferencial é sensível a determinada propriedade do gás de arrastamento, que varia segundo uma função linear da concentração do componente na amostra. A resposta do detector é também linear em relação a essa propriedade.

As propriedades que têm sido escolhidas são: a condutividade térmica, a ionização e a tempetura de combustão.

O detector integral não é afectado pelo gás de arrastamento mas reage com os vapores eluidos de maneira a dar uma leitura proporcional à quantidade total dos vapores eluidos, em cada instante.

Exemplos deste tipo de detectores são as celulas de titulação automática usadas por Martin e James, por Liberti, etc., e o dispositivo de Sevenster. Este último só é aplicável a gases permanentes que são eluidos e colectados sobre uma solução de soda cáustica que adsorve o CO_2 que se usa como gás de arrastamento.



O nosso termómetro eléctrico, manual

THERMIZET

mostra rápida e rigorosamente quaisquer temperaturas desde, — 20 até 180° C, em matérias líquidas, gasiformes, peças de máquinas, depósitos, cápsulas de motores, transformadores, etc.

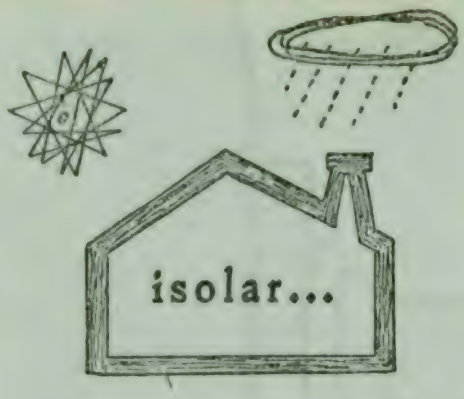
- O contactor de temperatura com condutor THERNEWID oferece excepcionais vantagens
- Mais um aparelho SIEMENS na forma dos nossos apreciados instrumentos MULTIZET
- No nosso stock de instrumentos eléctricos de medição, há sempre o aparelho que necessita.

Consultas e pedidos a:

SIEMENS COMPANHIA DE ELECTRICIDADE S.A.R.L.

LISBOA, RUA AUGUSTA, 118, TEL. 32041/9 PBX · PORTO, RUA DAS CARMELITAS, 13, TEL. 26223/5 PBX

REPRESENTANTES DE
SIEMENS & HALSKE AG.
BERLIN-MÜNCHEN



...do calor,
frio,
ruído,
...problema resolvido:

VITROFIB

INFORMAÇÕES TÉCNICAS E COMERCIAIS

NACIONAL FIBRAS DE VIDRO, L.DA

R. Braamcamp, 15, 2.º-D. Tel: 59150 - 59124

LISBOA

Empresa de Fundações Caplanch, L.da

Fundações Especiais
Estacas a ar comprimido
(por processo patenteado)
Sondagens e Injecções

Campânula utilizada nas fundações das instalações da Sopenata em Cabo Ruivo

Rua do Alecrim, 38-2.º Telef. 21 265

LISBOA — 2

As quantidades dos vapores eluidos são proporcionais às áreas correspondentes a cada patamar.

Como os primeiros detectores servem para todas as análises e além disso dão maiores sensibilidades, são mais indicados que os detectores de tipo integral.

Pode dizer-se que os *dispositivos de detecção geralmente usados* são baseados nas variações de condutividade térmica do gás causadas pelas variações do vapor do componente da amostra. Empregam elementos ou óxidos de metais de resistência e durabilidade reconhecidas. A sua sensibilidade é uma das causas que contribuiu para a rápida aceitação destes detectores. Podem ser do tipo «thermistor», filamento de tungsténio, filamento de platina ou «Katharometer».

Os modernos detectores de ionização que estão sendo aperfeiçoados são do tipo «ionizador de chama» e de «gás argon».

O *detector de ionização de chama* baseia-se em que a condutividade eléctrica da chama de uma mistura de H_2 e N_2 é altamente afectada pelos vapores das substâncias orgânicas. O gás de arrastamento é uma mistura de partes, aproximadamente iguais, de N_2 e H_2. A sua sensibilidade é, pelo menos, igual à dos detectores de condutividade.

O *detector de ionização que usa o argon* como gás de arrastamento é baseado nos trabalhos do Dr. Lovelock. O argon é levado ao estado metastável à entrada do detector. A sua energia de excitação é mais elevada que o potencial de ionização dos vapores das substâncias orgânicas o que faz com que estes sejam arrastados pelo vapor e ionizados à entrada no instrumento. A colisão com os átomos excitados provoca um reforço da corrente que atravessa célula e, além disso, os electrões emitidos quando as moléculas do vapor orgânico são ionizadas, produzem mais átomos de argon metastáveis. A resposta deste detector é virtualmente independente do débito, da pressão e da temperatura.

A sensibilidade é muito superior à dos aparelhos correntes mas requer o uso de colunas altamente sensíveis como, por exemplo, as colunas capilares de Golay.

Fizeram-se por este processo separações de parafinas, olefinas, alcoois e aldeidos com melhor rendimento.

O tipo de detector deve ser escolhido, pelo analista de acordo com as aplicações particulares a que se destina.

A sensibilidade dos aparelhos de condutividade térmica é cerca de 10^{-7}—10^{-8} g e a dos detectores de ionização 10^{-9} g.

Há ainda vários outros detectores com menos largas aplicações.

As qualidades essenciais de um detector são:

1.º — que, enquanto passar ùnicamente o gás permanente se atinja um estado de equilíbrio que se traduza no registador por uma linha recta.

2.º — que a condição anterior seja independente do maior número possível de variáveis como do débito do gás, das mudanças de temperatura na coluna, das alterações de pressão, etc. e não seja afectado pelas substâncias a serem detectadas.

3.º — que seja indiscriminado na sua resposta, isto é que dê a mesma resposta para todas as alterações que possa sofrer a composição do gás do arrastamento.

4.º — que essa resposta seja directamente proporcional à quantidade de amostra.

A quantidade mínima da substância que é detectada pode ser convenientemente amplificada.

A resposta do detector deve ser dada por um único parâmetro, que seja simples, da substância a ser detectada. Por exemplo, a resposta dum ionizador de chama está directamente relacionada com o poder calorífico das substâncias a serem detectadas. Este detector é sensível às alterações do débito, não detecta substâncias não inflamáveis ou de baixo poder calorífico e é destrutivo quando queima os compostos.

É necessário usar um gás que não seja H_2.

5.º — O instrumento deve ser versátil, de simples manejo, barato e sólido.

O «Katharometer» satisfaz a estas condições mas parece ser sensível às alterações do débito. No entanto os constantes aperfeiçoamentos vão eliminando estes defeitos.

A sensibilidade do detector é um factor importante em Cromatografia em fase gasosa, porque a eficiência da separação está relacionada com a quantidade da amostra a ser usada. Quanto mais sensível for o detector, mais pequena é a quantidade da amostra necessária e portanto maior a eficiência.

BIBLIOGRAFIA

James, A. T., and Martin, A. J. P., «Gas Liquid Partition Chromatography» — *Analyst*, 1952, 77, 915.

Griffiths, J., James, D., and Phillips, C., «Gas Chromatography» — *Analyst*, 1952, 77, 897.

Jones, W. L., and Kieselbach, R., «Units os Measurement in Gas Chromatography» — *An. Chem.*, 1958, 30, 1590.

Johnson, H. W., and Stross, F. H., «Terms and Units in Gas Chromatography» — *An. Chem.*, 1958, 30, 1586.

Golay, M. J. E., «Gas Chromotographic Terms and Definitions» — *Nature*, 1958, 182, 1146.

Cremer, E., and Roselius, L., «Gaschromatographie» — *Angew. Chem.*, 1958, 12 (2), 42.

Maghadame, E., «La Chromatographie de partage entre phases gazeuses et liquides» — *Chimie An.*, 1958, 40, 149.

de Wet, W. J., and Pretorius V., «Some Factors Influencing the Efficiency of Gas-Liquid Purtition Chromatography Columns» — *An. Chem.*, 1958, 30, 325.

McFadden, W. H., «Use of Mixed Stationary Liquids in Gas-Liquid Chromatography» — *An. Chem.*, 1958, 30, 479.

Chovin, P., «L'efficacité des colonnes pour chromatographie en phase gazeuse» — *Bull. Soc. Chim. Franc.*, 1958, 905.

Golay, M. J. E., «A Performance Index for Gas Chromatographic Columns» — *Nature*, 1957, 180, 435.

Sanford, F. G., «A Sample Injection Method for Gas-Liquid Chromatography» — *Analyst*, 1959, 84, 321.

Porter, R. S., and Johnson, J. F., «Circular Gas Chromatography» — *Nature*, 1959, 183, 391.

Evans, D. E., Massingham, W. E., Stacey, and Tatlow, «Preparative-Scale Gas Chromatography» — *Nature*, 1958, 182, 591.

Browning, L. C., and Watts, J. O., «Interpretation of Areas Used for Quantitative Analysis in Gas-Liquid Partition Chromatography» — *An. Chem.*, 1957, 29, 24.

Desty, D. H., «Presentation of Retention Valeus in Gas--Liquid Chromatography» — *Nature*, 1957, 179, 241.

Ambrose, D., Keulemans, A. I. M. and Purnell, J. H., «Presentation of Gas-Liquid Chromatographic Retention Data» — *An. Chem.*, 1958, 30, 1582.

McWilliam, I. G., «Comparison of Detectors for Gas Cromatography» — *J. Appl. Chem.*, 1959, 9, 379.

Schmauch, L. J., «Response Time and Flow Sensitivity of Detectors for Gas Cromatography» — *An. Chem.*, 1959, 31, 225.

Scott, B. A., and Williamson, A. G., «Effect of the Carrier Gas on the Sensitivity of Thermal Condnctivity Detectors in Gas Chromatography» — *Nature*, 1959, 183, 1322.

Davis, A. D., and Howard, G. A., «Thermistor Detectors in Gas Chromatography» — *J. Appl. Chem.*, 1958, 8, 183.

McWilliam, I. G., and Dewar, R. A., «Flame Ionization Detector for Gas Chromatography» — *Nature*, 1958, 181, 760.

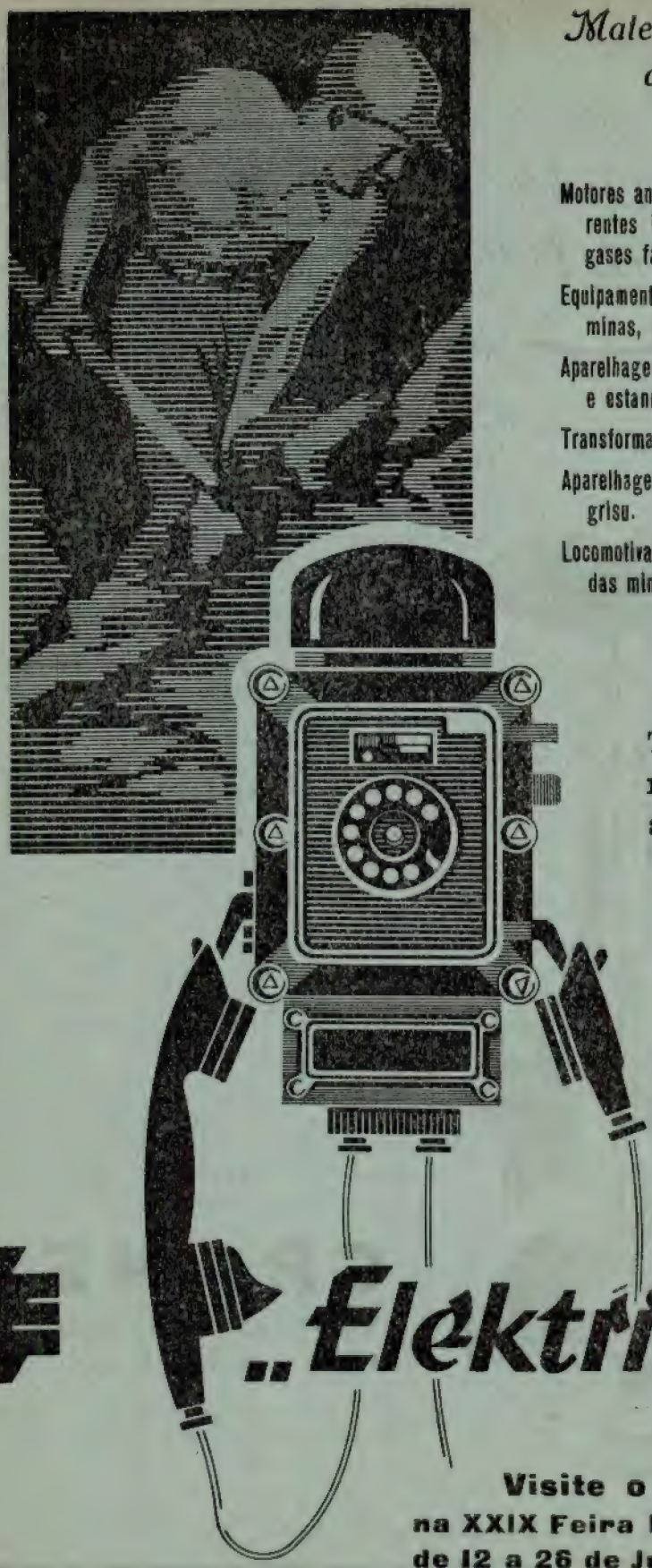
Messner A. E., Rone, D. M., and Argabright, P. R., «Correlation of Thermal Conductivity, Cell Response with Molecular Weight and Structure» — *An. Chem.*, 1959, 31, 230.

Rose, B. A., «Gas Chromatography and its Application» — *Analyst*, 1959, 84, 574.

Boggus, J. D., and Adams, N. G., «Gas Chromatography for Trace Analysis» — *An. Chem.*, 1958, 30, 1471.

Keulemans, A. I. M., «Gas Chromatography» — 1959.

Drew, C. M., Greene S. A., Knight, H. S., Patton, H. W., — «Principles and Practice of Gas Chromatography» — 1959.



Material Electrotécnico de Produção Polaca, de Alta Qualidade

Motores anti-grisu, vasta gama de potências, para diferentes instalações mineiras e para locais contendo gases facilmente inflamáveis.

Equipamento de telecomunicação e de sinalização para minas, de construção anti-grisu.

Aparelhagem de junção anti-grisu para minas com gases e estanque a água para minas húmidas.

Transformadores anti-grisu.

Aparelhagem de comando e material de instalação anti-grisu.

Locomotivas de acumuladores e pentógrafos para o fundo das minas.

Tornam o trabalho mais fácil e aumentam a segurança.

Exportador exclusivo:

SOC. POLACA DE RESPONSABILIDADE LIMITADA PARA O COMÉRCIO EXTERNO DO EQUIPAMENTO ELECTROTÉCNICO

Varsóvia 2, Czackiego 15/17 - Polónia

Caixa Postal 254
Telefone 662-71
Télex: 10415
Telegramas:
Elektrim Varsóvia

„Elektrim"

Visite o nosso Pavilhão 11 na XXIX Feira Internacional de Poznan, de 12 a 26 de Junho de 1960

Diga-me o que pensa àcerca disto M.

C

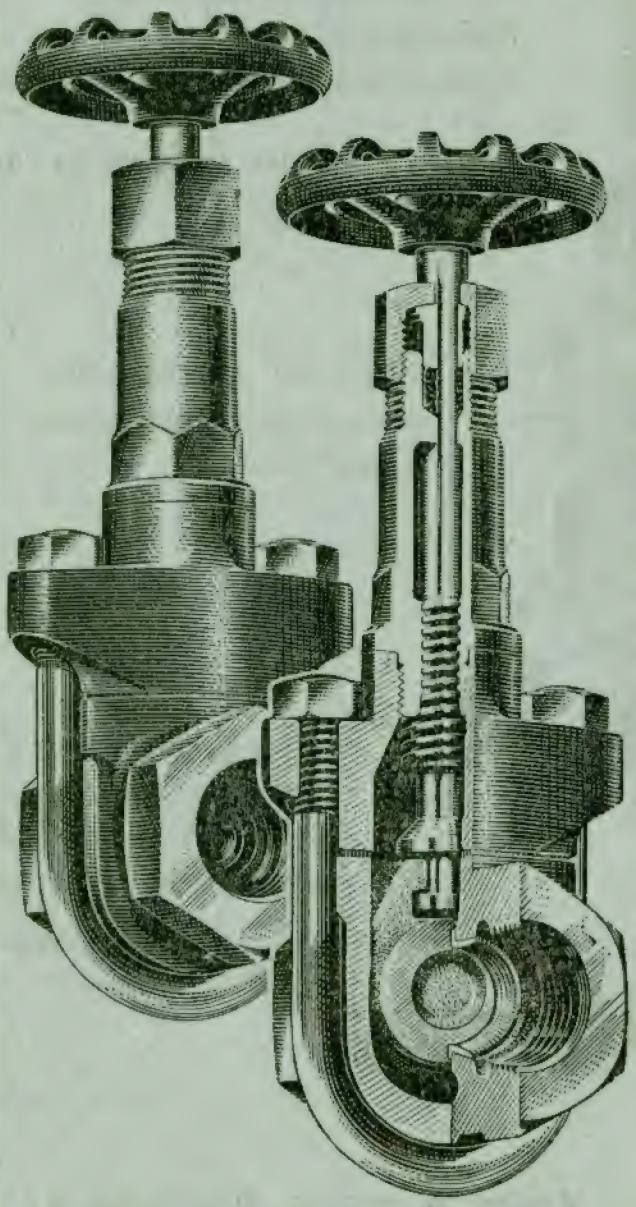
BOLETIM DAS VÁLVULAS CRANE DE CORREDIÇA EM FERRO FUNDIDO DE APERTO POR GRAMPO.

... com fuso ascendente, rosca interior e cunha de disco.

Esta série de válvulas é particularmente recomendada para condutas que levem quantidades consideráveis de sujidade e outras substâncias estranhas. A sua construção de aperto por grampo permite que sejam rápida e fàcilmente desmontadas, para limpar ou consertar. São compactas e leves. A cunha está ligada ao fuso por meio de uma ranhura em T, vantagem esta que permite uma ligação segura mas flexível.

As válvulas com interiores de bronze são recomendadas para vapor, água, ar e conductas de óleos não corrosivos. As válvulas só de ferro são recomendadas para óleo, gás ou outros fluídos, que corroem o bronze, mas não o ferro o aço. Válvulas roscadas ou com flanges são fornecidas de acordo com as normas Britânicas ou Americanas.

Dimensões : roscadas — 1/2" a 4"
com flanges — 1" a 4"



CRANE

VÁLVULAS EM BRONZE
FERRO FUNDIDO E AÇO.

Crane, Ltd., 15/16, Red Lion Court, Fleet Street, LONDON, E.C.4. England.

Agentes: R.E.B.E.L. R. Joaquim António de Aguiar, 45—LISBOA 1.

C. D. U. 621 — 232.001

Estudo dinâmico de cames em motores rápidos

POR JÚLIO CÉSAR SANTOS DA SILVA BENTO
E
JOÃO BARRETO NOGUEIRA RAMOS
do 6.º ano de Engenharia Mecânica

1 — Introdução

Com o aumento constante das velocidades dos motores, novos problemas se têm levantado no projecto de cames.

A maiores velocidades vieram corresponder maiores acelerações e portanto maiores forças de inércia, vibrações, choques, etc.

O método clássico de cálculo passou em muitos casos a ser insuficiente. Novos problemas surgiram que obrigaram a novas orientações no traçado do perfil das cames, de tal maneira que, para se fugir às dificuldades encontradas, se tem por vezes substituído este sistema de distribuição por outros, ainda que em prejuízo da simplicidade mecânica.

Como se sabe, a came tem por fim transformar movimento circular em movimento rectilínio alternativo, sendo um caso frequente de aplicação, o sistema de comando da distribuição de motores.

O movimento imposto à haste é fazê-la mover sob uma certa lei de deslocamento, ou apenas provocar um dado levantamento, quando não existem imposições de deslocamento.

No caso particular de motores, normalmente pretende-se que a came provoque uma certa abertura das válvulas numa fracção de volta da árvore de cames.

Quer dizer, ligado à termodinâmica do motor, apenas é imposto o valor de um certo levantamento a realizar num determinado intervalo de tempo.

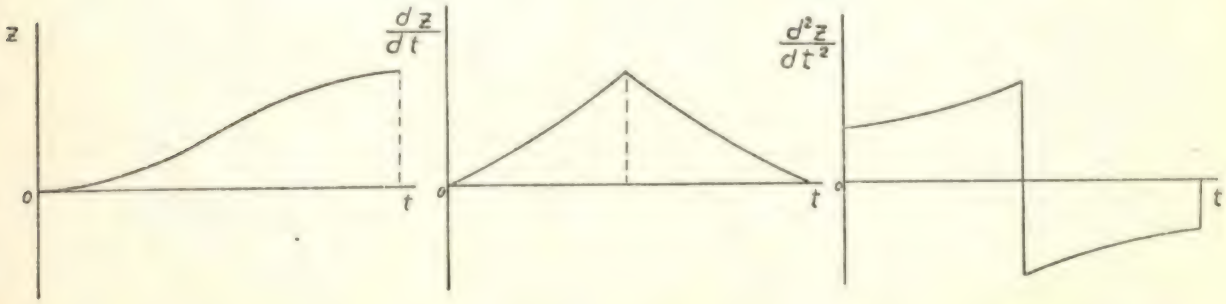
Quaisquer outras limitações como as respeitantes a velocidades (no início e fim do levantamento, por exemplo) ou acelerações, são já limitações que derivam do estudo dinâmico do motor. Assim, dado que às acelerações de sistemas com massa estão associadas forças e estas interessam normalmente que sejam baixas, somos levados a baixas acelerações sempre que possível. E assim aparecem certas limitações que transcendem a termodinâmica do motor, mas que terão que ser tomadas em consideração num projecto de cames.

É a partir de todos estes dados que é escolhido o perfil de came mais conveniente.

A nós, vai-nos interessar neste estudo o aspecto dinâmico da questão.

À curva de levantamentos, ou seja ao perfil da came, corresponderão curvas de velocidade e aceleração que se obtêm fàcilmente por derivação em ordem ao tempo.

Assim, por exemplo, se considerarmos como curva de levantamentos a representada em fig. 1 a), resultam para curvas de velocidade e aceleração as representadas, respectivamente, em b) e c).

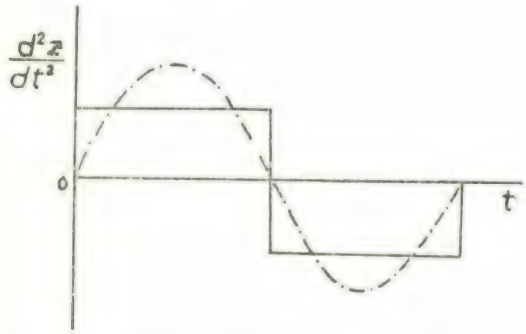


a) b) c)

Fig. 1

É natural que se escolha o perfil que provocar menores forças, uma vez que aliviaremos desta maneira os esforços a que o material fica sujeito.

E dado que a acelerações correspondem forças de inércia, parece à primeira vista que a melhor solução será a de conseguir uma curva de aceleração constante, visto que o valor máximo de aceleração (que é afinal constante) é menor do que qualquer outro dado por outras curvas, como está exemplificado na fig. 2.



——— Curva de aceleração constante

—·— Curva de aceleração variável

Fig. 2

De facto, esta escolha foi considerada durante muito tempo como a melhor possível, e ainda hoje se usa em motores de pequena e média velocidade.

Desta maneira, obtinha-se a curva de deslocamentos por duas integrações sucessivas. Chegava-se, como é fácil de ver, a uma curva parabólica que seria de facto a melhor se a haste fosse perfeitamente rígida. Como na prática isso não vai acontecer, vão surgir problemas, entre os quais dois muito importantes.

O primeiro é de no instante $t = 0$ se ir aplicar uma força finita num intervalo de tempo teòricamente nulo, como se pode ver no último diagrama.

O segundo é o facto de normalmente existir uma folga entre haste e came.

Vamos analisar cada um destes problemas.

2 — Influência da lei de aplicação de forças num sistema elástico

A aplicação de uma força instantânea, ou seja uma variação finita de força em tempo nulo $\left(\text{matemàticamente traduz-se por } \frac{d^3Z}{dt^3} = \infty\right)$, vai provocar resultados indesejáveis num sistema elástico.

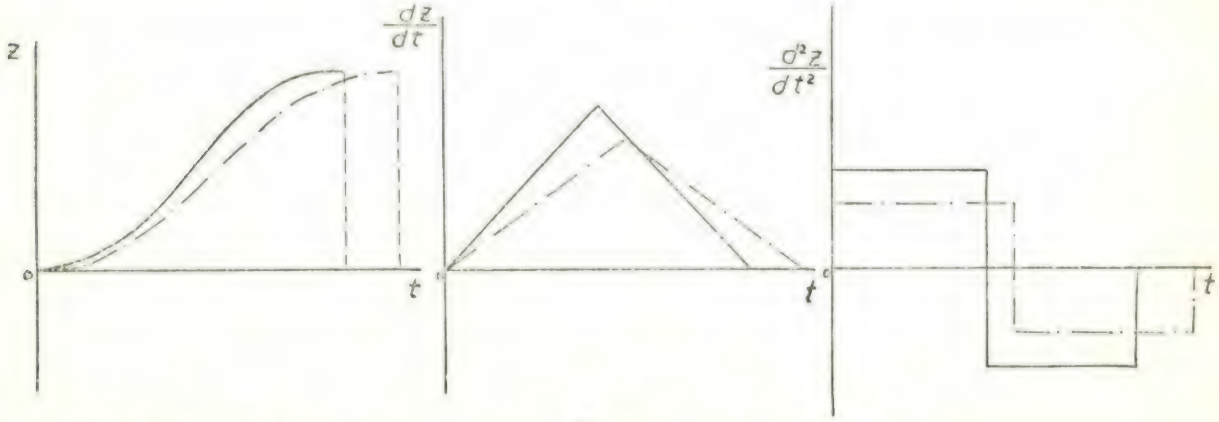
De facto, na prática verifica-se que no ponto correspondente à aplicação dessa força, vai aparecer desgaste anormal nas superfícies em contacto. Vai originar-se nesse instante uma força superior à força aplicada, que só se compreenderá devido à vibração que o sistema vai sofrer.

Quer dizer, a aplicação de uma força brusca vai fazer vibrar o sistema, daqui resultando o aparecimento de uma nova força — chamar-lhe-emos *força de vibração* e representá-la-emos por F_v.

Como o aumento da velocidade dos motores se traduz por um redução de tempo para o mesmo levantamento, é particularmente neste caso mais inconveniente.

Assim, o mesmo levantamento em menor tempo significa uma curva de velocidade mais inclinada ou seja um gradiente de velocidade maior ou, o que vem a dar no mesmo, maiores acelerações.

Por exemplo, ainda no caso particular do levantamento ser parabólico, temos



——— Motor rápido

—·— Motor lento

Fig. 3

As acelerações constantes resultantes são maiores num motor rápido e tanto maiores quanto mais rápido o motor. Quer dizer, se é admissível, ainda que inconveniente, em motores lentos uma força pequena aplicada bruscamente (diagrama a «traço e ponto»), passa-se a dar um autêntico choque nos motores rápidos (diagrama a cheio) devido à importância da força aplicada.

Daqui a razão do abandono destas curvas em motores rápidos e a sua substituição por outras de aceleração mais suave.

É evidente que os máximos destas curvas, em que no instante $t = o$ a aceleração é nula, serão maiores que o da curva parabólica.

Basta atender a que para conseguirmos o mesmo levantamento no mesmo intervalo de tempo, as áreas A_1 e A_2 da fig. 4 terão de ser iguais (1).

O problema põe-se agora nos seguintes termos: num motor ou se sujeitam as cames a certas forças constantes em valor absoluto e, por consequência, com aplicações bruscas e com inversões de sinal instantâneas (a), ou então evitam-se as aplicações bruscas substituindo-as por forças que se aplicam progressivamente e se invertem também progressivamente (b), mas que, como dissemos, tem que passar por valores elevados.

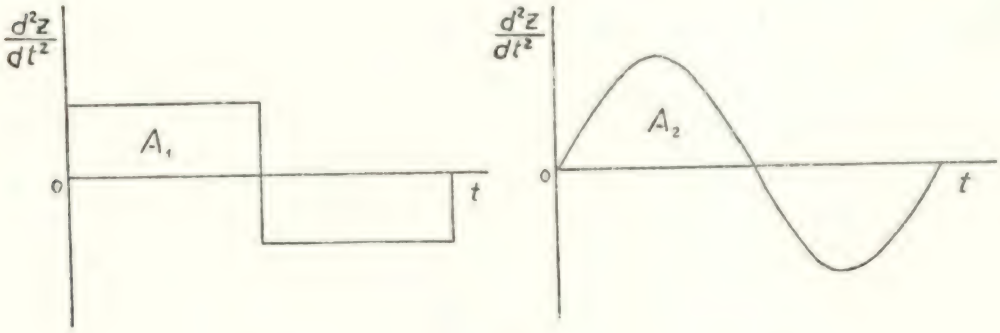
Sabemos que o caso a) com as suas forças instantâneamente aplicadas é prejudicial, mas dado que o caso b) nos leva a instantes com forças elevadas, há que fazer um estudo quantitativo para comparar os 2 casos.

É o que procuramos fazer.

Na escolha do perfil, temos que agora raciocinar não no valor da força de inércia F_i, mas sim no valor da soma da força de inércia e da força de vibração ($F_i + F_v$).

É baseado neste princípio que iremos escolher o melhor perfil a dar a uma came, escolha que se irá fazer, como é óbvio, dentro de uma gama enorme de curvas.

Será desta maneira um trabalho experimental considerando um certo número de curvas, umas mais suaves que outras, até se determinar o perfil que satisfaça.



a) b)

Fig. 4

A força de inércia não levanta problemas no seu cálculo, uma vez que o diagrama das acelerações nos dá, a menos uma constante multiplicativa M (massa), o seu valor.

A dificuldade reside no cálculo de F_v. Esta força vai aparecer, como vimos, devido a considerarmos a haste como um sistema elástico.

Seja então o sistema (Fig. 5) e vamos representá-lo pelo modelo físico (Fig. 6) em que

k_h — coeficiente de rigidez da haste
C — desenvolvimento linear do perfil da came
$M = m_1 + m_2$
m_1 — massa da haste
m_2 — massa reduzida do resto do sistema móvel (balanceiro, válvula, mola, etc.).

Vamos considerar que a massa do prato nunca se desloca da came, ou seja, englobamos a sua massa na massa da came. Igualmente conside-

(1) Referimo-nos agora a um *certo motor* — seja um motor rápido — não se tratando de comparar um rápido e um lento, mas duas curvas para o mesmo motor.

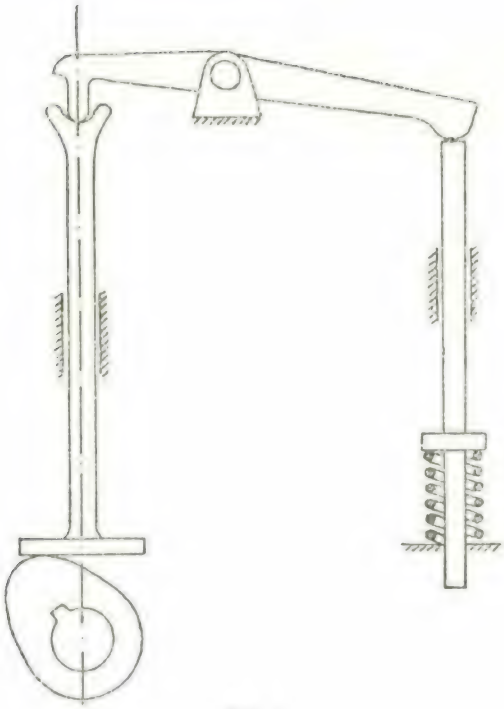


Fig. 5

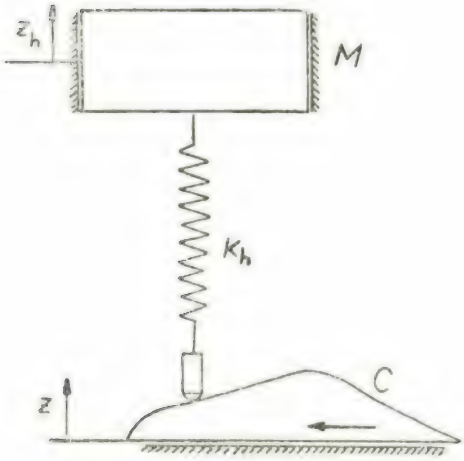


Fig. 6

ramos a massa da haste concentrada na sua extremidade.

O sistema vibrará com um grau de liberdade com a seguinte representação matemática:

$$M \frac{d^2 Z_h}{dt^2} + k_h (Z_h - Z) = 0$$

ou

$$M \frac{d^2 Z_h}{dt^2} + k_h Z_h = k_h Z$$

em que Z_h e Z são, respectivamente, os levantamentos da haste e da came.

Se conhecermos a forma analítica da curva dos deslocamentos, não temos mais que substituí-la no valor de Z. A integração da equação dar-nos-ia o valor de Z_h, deslocamento vibratório da ponta da haste, o qual sobreposto ao valor Z nos daria o deslocamento total da haste,

Derivando duas vezes a expressão de Z_h, podemos determinar a aceleração proveniente deste movimento que nos daria, a menos uma constante, o valor da força F_v.

Mas acontece que muitas vezes não é conhecida a forma analítica da curva, ou se possui uma forma pouco conveniente. Então, pelo método proposto, em que se vai considerando experimentalmente várias formas de perfis para os analisar isoladamente e campará-los, estas curvas de deslocamento são evidentemente dadas gràficamente, e só com muita dificuldade se encontraria a sua forma analítica.

Neste caso temos que recorrer a artifícios e vários métodos têm sido propostos para calcular o deslocamento vibratório, uns mais exactos que outros.

Vamos ver ràpidamente um método de cálculo, para melhor se compreender a ligação da existência da folga com as vibrações da haste, tratada no parágrafo 3).

Este método consiste em dividir o tempo de levantamento em vários intervalos pequenos e calcular em cada um destes o deslocamento e a respectiva aceleração. Para isso, vai-se supor que em cada intervalo de tempo, o movimento se faz com uma aceleração constante, sendo esta aceleração a média tomada nesse intervalo. A curva de aceleração é assim substituída por vários degraus, podendo aproximar-nos da realidade tanto, quanto mais pequenos considerarmos os vários intervalos.

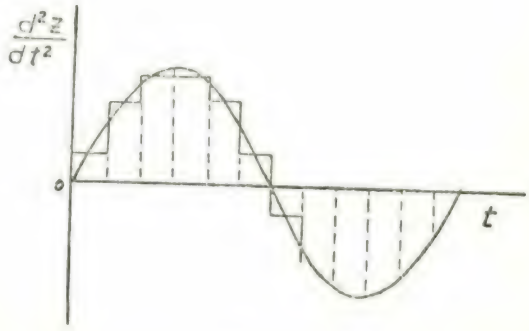


Fig. 7

Em face do modelo físico adoptado, o deslocamento num certo intervalo Δt será

$$Z_h = \frac{a}{\omega^2} \cos \omega \Delta t$$

em que a é a aceleração nesse intervalo e $\omega = \sqrt{\frac{k_h}{m_i}}$ a frequência própria da haste.

Mas tal como está escrito, a origem dos tempos está desfasada em relação à dos espaços, pois para $t = 0$ temos $Z_h = \frac{a}{\omega^2}$, deslocamento fictício inicial. Se quisermos os tempos e deslocamentos em fase, como nos convém, teremos

$$Z_h = \frac{a}{\omega^2} (1 - \cos \omega \Delta t)$$

Mas o movimento num dado intervalo será dependente das condições iniciais, isto é, dependente do intervalo anterior. Teremos que entrar portanto com essas condições iniciais, que serão a posição da massa e a sua velocidade.

Teremos então

$$Z_h = Z_{ho} \cos \omega \Delta t + \frac{d Z_{ho}/d t}{\omega} \operatorname{sen} \omega \Delta t + \frac{a}{\omega^2} (1 - \omega \Delta t)$$

Assim, no fim do primeiro intervalo Δt_1, no qual consideramos a aceleração constante e de valor a_1, teremos

$$Z_{h1} = Z_{ho} \cos \omega \Delta t_1 + \frac{d Z_{ho}/dt}{\omega} \operatorname{sen} \omega \Delta t_1 + \frac{a_1}{\omega^2} (1 - \cos \omega \Delta t_1)$$

em que Z_{ho} e $\frac{d Z_{ho}}{dt}$ são as condições iniciais

$$\begin{cases} Z_{ho} = 0 \\ \frac{d Z_{ho}}{d t} = 0 \end{cases}$$

O valor de $\frac{d Z_{h1}}{dt}$ será

$$\frac{d Z_{h1}}{dt} = - Z_{ho} \omega \operatorname{sen} \omega \Delta t_1 + \frac{d Z_{ho}}{d t} \cos \omega \Delta t_1 + \frac{a_1}{\omega} \operatorname{sen} \omega \Delta t_1$$

Tomamos estes valores Z_{h1} e $d Z_{h1}/dt$ para deslocamento e velocidade iniciais do segundo intervalo de tempo Δt_2, e assim sucessivamente para os restantes.

Desta maneira, se obtém o deslocamento vibratório da ponta da haste, a partir do qual se poderá determinar a aceleração do movimento em cada intervalo de tempo.

Num intervalo genérico será

$$\frac{d^2 Z_h}{d t^2} = - Z_{ho} \omega^2 \cos \omega \Delta t - \frac{d Z_{ho}}{d t} \omega \operatorname{sen} \omega \Delta t + a \cos \omega \Delta t$$

Ficamos assim com o valor da força de vibração F_v pràticamente em todos os momentos, tal como desejávamos. O seu valor, adicionado ao valor da força de inércia, dá-nos o valor da força total $F_i + F_v$.

3 — Influência da folga

Na distribuição por válvulas de um motor, existirá normalmente uma determinada folga entre came e haste, folga essa para atender às dilatações térmicas.

No momento de contacto das referidas peças, essa folga irá provocar um choque que se traduzirá por uma força finita intantâneamente aplicada.

Essa força poderá ser particularmente importante nos motores rápidos, por dois motivos:

- dimensões maiores da folga, para atender a maiores dilatações térmicas;
- menor intervalo de tempo a ser percorrida a folga.

Realmente, verifica-se nos motores rápidos que no ponto de contacto se vai dar um grande desgaste, aparecendo essa região bastante danificada.

É de grande importância, portanto, o cálculo desta força pois o seu conhecimento poder-nos-á levar a modificações úteis. De facto, o seu valor irá depender, como adiante veremos, do perfil adoptado.

Desta maneira, o perfil não será apenas condicionado pelas forças de inércia e de vibração, como atrás vimos, mas também por esta força.

Vamos chamar-lhe *força dinâmica* e representá-la por F_d (1).

Para um dado perfil, poderemos ir ter no início uma força dinâmica F_d superior ao valor máximo da soma das forças de inércia e de vibração. Conviria neste caso tornar mais suave o perfil de modo a diminuir F_d, com consequente aumento de $F_i + F_v$.

Quer dizer, estamos caídos pràticamente no mesmo problema do parágrafo 2), num jogo de tentativas, considerando várias curvas, mas agora neste caso entrando em conta com o valor de três forças (F_d, F_i, F_v) em vez de duas.

Procuremos então um método para calcular os efeitos provenientes da força F_d.

A folga é representada nos diagramas pelo intervalo de tempo Δt que demora a ser eliminada (Fig. 8).

Será no instante t_1, em que se irá dar o contacto entre came e haste.

Para vermos a influência que o traçado do perfil da came tem no valor da Força F_d, vamos considerar duas curvas diferentes de aceleração, ambas com a mesma folga, e respectivas curvas de velocidade (Fig. 9).

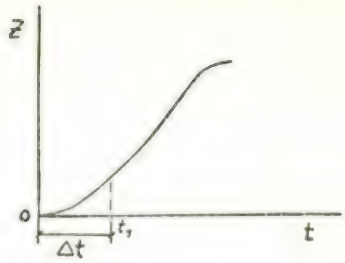


Fig. 8

Estas velocidades $\frac{dz_1}{dt}$ e $\frac{dz_2}{dt}$ assinaladas no diagrama, seriam as velocidades da haste no instante t_1, se não existisse folga. Neste caso, a haste possuiria no instante t_1, as seguintes energias, respectivamente,

$$\frac{1}{2} M \left(\frac{dz_1}{dt}\right)^2_{t=t_1} \quad e \quad \frac{1}{2} M \left(\frac{dz_2}{dt}\right)^2_{t=t_1}$$

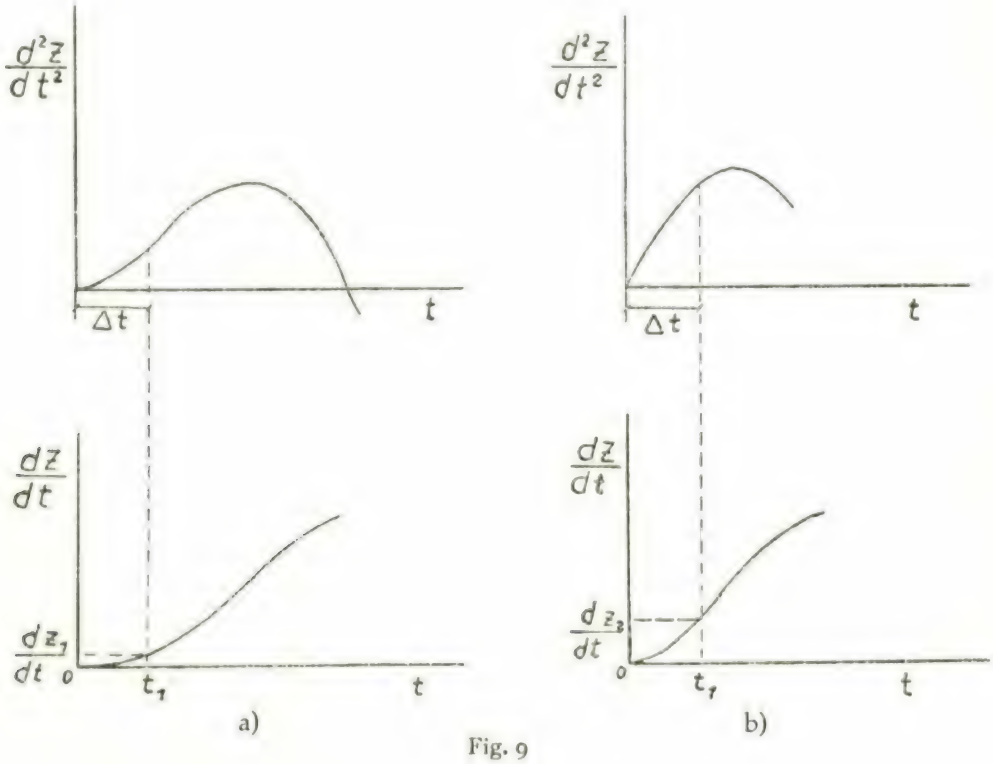


Fig. 9

Havendo folga, como esta é eliminada precisamente no instante t_1 em que a haste teria as energias indicadas, estas últimas serão portanto as energias comprometidas no fenómeno.

(1) Tanto esta designação coma a de força de vibração foram tomadas apenas por nos parecer que caracterizam bem a origem do fenómeno. É natural que haja outros nomes mais apropriados, por nós desconhecidos.

Por aqui se compreende que a intensidade da força F_d vai depender do perfil adoptado, como atrás afirmámos. Num perfil mais suave como o do esquema (a), a energia será menor que o do esquema (b), pois $\left(\frac{d z_1}{d t}\right)_{t=t_1} < \left(\frac{d z_2}{d t}\right)_{t=t_1}$

Para tratar o problema, tivemos que admitir certas condições. As hipóteses que nós fizemos sobre o modelo físico da fig. 6 foram as seguintes:

a) A energia $\frac{1}{2} M \left(\frac{d z}{d t}\right)^2_{t=t_1}$ transfere-se totalmente para a haste. Isto é, não há dissipação de energia sob qualquer forma, em particular calorífica.

b) Essa energia vai ser toda empregada na deformação da haste.

c) Essa deformação faz-se totalmente antes do centro de gravidade da haste se começar a deslocar.

As duas últimas hipóteses só serão admissíveis, se existir uma grande massa M em jogo, pois neste caso há grande inércia e, dado que, como sabemos, a inércia se opõe à mudança de estado de movimento, há uma reacção suficientemente importante da parte do sistema móvel (solicitado a uma mudança brusca de velocidade de *0* a $\frac{d z}{d t}$ em tempo nulo) que justifique que, antes do movimento de subida da haste, haja deformação.

É o caso, por exemplo, do esquema considerado anteriormente (fig. 6), em que a massa M, soma da massa da haste e da massa reduzida do resto do sistema móvel, se pode considerar importante.

Esta energia, cedida pela came no seu movimento, será armazenada na deformação elástica da haste. Esta deformação será proveniente de uma força tipo «step-function» que, como se sabe, são forças comunicadas à mola e não à massa.

Vamos recorrer à equação das energias contidas em sistemas vibrantes livres e não amortecidos que será da forma

$$\frac{1}{2} M \left(\frac{d Z_h}{d t}\right)^2 + \frac{1}{2} k_h Z_h^2 = C$$

que representa a energia contida no sistema quer sob a forma cinética $\frac{1}{2} M \left(\frac{d Z_h}{d t}\right)^2$, quer sob a forma potencial resultante da deformação elástica $\frac{1}{2} k_h Z_h^2$.

C será a energia comunicada ao sistema, ou seja, $C = \frac{1}{2} M \left(\frac{d Z}{d t}\right)^2_{t=t_1}$, energia esta que se manterá constante em todos os momentos, havendo uma permanente troca de energia potencial em energia cinética e vice-versa.

Estamos, é claro, considerando não haver dissipação através de amortecimento, uma vez que só nos vai interessar a fase inicial do fenómeno.

Vamos servir-nos desta equação de energia para calcularmos a força F_d. Para isso, vamos escolher o instante em que aquela fórmula se simplifica, seja aquele em que

$$\frac{d z_h}{d t} = 0$$

que não é mais que o instante em que a deformação é máxima.

Virá então,

$$\frac{1}{2} k_h Z^2_{h_{máx}} = \frac{1}{2} M \left(\frac{d Z}{d t}\right)^2_{t=t_1}$$

$$Z_{h_{máx}} = \pm \sqrt{\frac{M (d Z / d t)^2_{t=t_1}}{k}}$$

A força correspondente será

$$\boxed{F_d = k \cdot Z_{h_{máx}} = \sqrt{k \cdot M \cdot \left(\frac{d Z}{d t}\right)^2_{t=t_1}}}$$

Esta será portanto a força dinâmica que desejávamos saber.

É evidente que esta deformação demorará um certo intervalo de tempo $\Delta t'$ e só a partir do seu final é que o centro de gravidade da haste começará a deslocar-se, como admitimos nas hipóteses feitas. Quer dizer, no instante t_1 em que se dá o contacto entre came e haste,

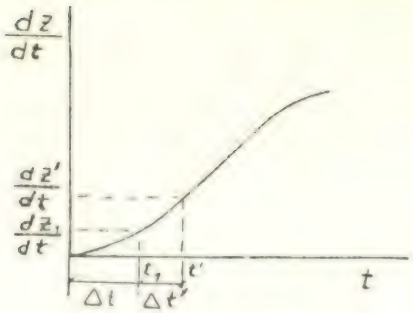


Fig. 10

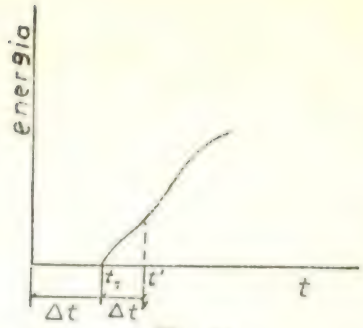


Fig. 11

nenhuma energia se transmitirá de uma peça para outra, mas será a partir desse instante que a energia começa a transmitir-se (fig. 11).

A haste deformar-se-á até que em t' atinge a deformação máxima. É portanto só a partir de t' que a haste começa a levantar, consoante a hipótese feita em c).

Deveria portanto tomar-se para energia transmitida, não $\frac{1}{2} M \left(\frac{d z_1}{d t}\right)^2$, mas sim $\frac{1}{2} M \left(\frac{d z'}{d t}\right)^2$ correspondente ao instante t'. Simplesmente o tempo $\Delta t'$ correspondente à deformação é bastante inferior ao tempo Δt, no que diz respeito a hastes de uso normal feitas de material de grande coeficiente de rigidez, sendo portanto lícito o seu desprezo.

O tempo que demora a efectuar a deformação máxima será metade de um período, e portanto, temos

$$\Delta t' = \frac{T}{2} = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{\omega} = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{M}{k_h}}$$

pois

$$\omega = \sqrt{\frac{k_h}{M}}$$

Nos casos em que este tempo seja considerável em relação ao tempo que demora a ser eliminada a folga, ter-se-á que entrar em conta com a energia correspondente ao instante t'.

* * *

Determinada assim a força dinâmica F_d, calculamos as forças de vibração F_v da maneira indicada no parágrafo 2), mas tendo em atenção que agora teremos para deslocamento inicial Z_{h_0}, no 1.° intervalo de tempo, este valor achado da deformação.

$\frac{d z_{h_0}}{d t}$ será evidentemente nulo.

O restante cálculo de F_v faz-se da maneira indicada.

4 — Conclusões

Num estudo dinâmico de um perfil de came, como acabámos de ver, temos então fundamentalmente as seguintes forças:

a) Força de inércia — F_i
b) Força de vibração — F_v
c) Força dinâmica — F_d

Em motores lentos, todas elas são relativamente pequenas, como bem se compreenderá, e em particular, as duas últimas que são portanto de desprezar. E é de facto o que se faz habitualmente.

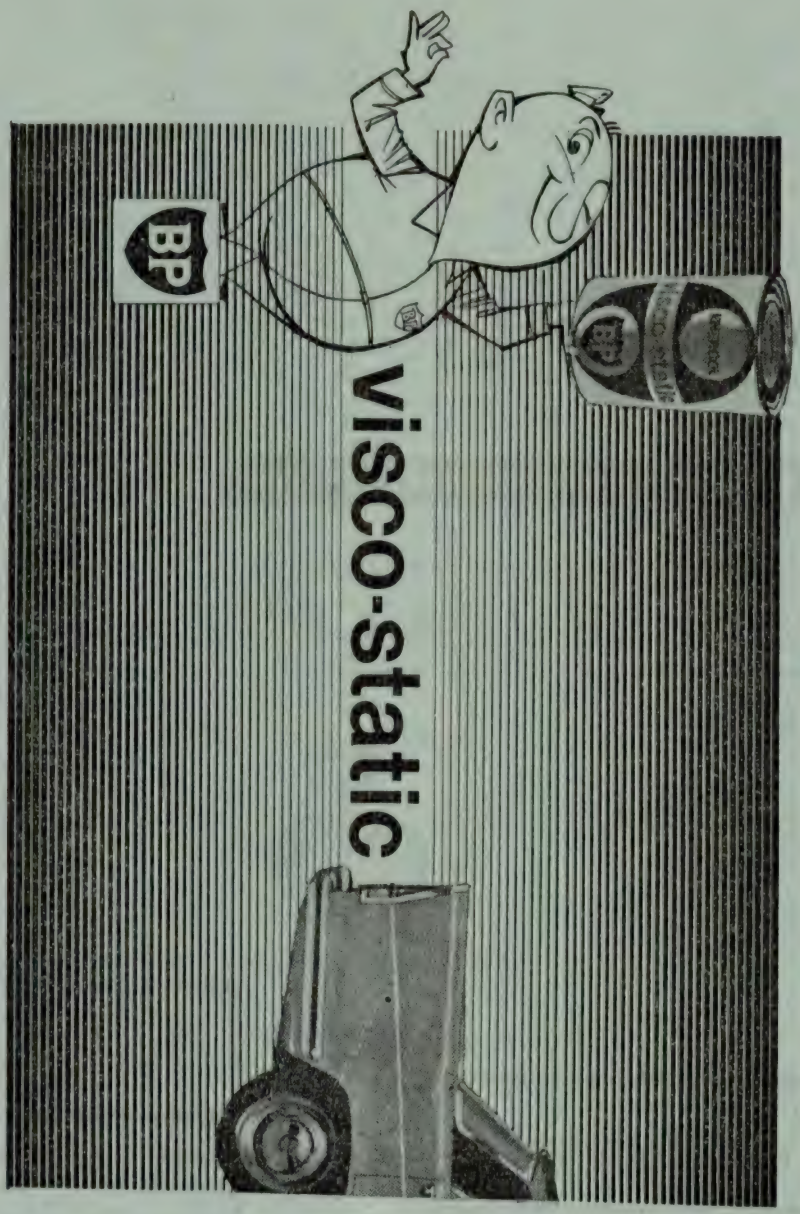
No caso de motores rápidos, se bem que todas estas forças possam ser importantes, normalmente também não se entra em conta com o valor das duas últimas, modificando-se o perfil experimentalmente e por intuição.

Ora em muitos casos, estas forças são muito importantes, sendo necessário calcular os seus valores.

Parece-nos, em particular, de muito interesse calcular a última força F_d, visto que a sua diminuição se consegue fàcilmente impondo um diagrama de velocidades mais suave no início, tendo no entanto a notar que esta melhoria se vai reflectir desfavoràvelmente no diagrama das acelarações (veja-se as figs. 9 a) e 9 b)), ou seja as forças F_i e F_v que crescem de valor. Há portanto que procurar uma solução de compromisso — não se vá diminuir tanto F_d que resultem forças F_v e F_i tão importantes que eliminem as vantagens de um F_d pequeno.

Foi estabelecer um método de cálculo para F_v e F_d, a maneira de as reduzir e as suas relações com F_i, que constituiu o objectivo do nosso trabalho.

Note-se no entanto que num projecto de



ARRANQUE IMEDIATO
MELHORES REPRISES
MAIOR PROTECÇÃO

Produção rápida e económica, por meio da forjação a frio

A mais completa série de máquinas automáticas, de construção inglesa, da marca WATERBURY-FARREL, para forjar, a frio, *parafusos, porcas, rebites, roscas,* etc., dentre as quais poderemos mencionar as seguintes:

- Máquinas para a moldagem de porcas,
- Máquinas de cilindros, de movimento horizontal e giratório, para a estampagem e roscagem de parafusos,
- Máquinas para a fabricação de cabeças de parafusos, sextavadas, interiores,
- Máquinas para a fabricação de cabeças de parafusos, maciças,
- Máquinas para a rectificação das cabeças dos parafusos,
- Máquinas escateladoras de parafusos,
- Máquinas para abrir as roscas das porcas.

Construtores e vendedores autorizados:

GEORGE H. ALEXANDER MACHINERY LIMITED.

BIRMINGHAM, 4 ENGLAND

Distribuidores para Portugal Continental e Ultramarino:

Rua da Conceição, 21 **CRUZ & CRUZ, L.DA** PORTO — PORTUGAL

COLAS ALEMÃS

ESPECIAIS PARA QUALQUER FIM

Para termolaminados ▶ **Pattex**

Collapreso ◀ Para madeiras

Para vidro com vidro ou metal com vidro ▶ **Stabilit**

Tomipren ◀ Para revestimentos plásticos sobre cimento

Para revestimentos plásticos sobre madeira ▶ **Kabil**

Consulte:

OCIDENTE IMPORTADOR E EXPORTADOR, Lda. — R. Eduardo Coelho, 16 — Tel. 36 78 19 — LISBOA

Temos sempre uma cola própria para o seu caso

cames existem outros factores, além destas 3 forças, que poderão condicionar o traçado de um perfil, tais como, facilidade no traçado geométrico, possibilidade de execução das máquinas-ferramentas, etc., o que dá ao nosso trabalho um carácter um tanto teórico que terá no entanto a característica de um fim a atingir.

Esperamos em futuro artigo apresentar um exemplo de cálculo numérico onde se poderá ver melhor a sequência do método.

* * *

Queremos expressar o nosso agradecimento ao Ex.mo Sr. Prof. Eng.º António Gouvêa Portela pelo interesse que sempre demonstrou pela realização deste trabalho.

BIBLIOGRAFIA

JACOVLEFF, D. — «Elements de la théorie des moteurs a combustion interne a régime rapide», (1948), Eyrolles, éditeur, Paris.

ROTHBART, H. A. «Cams, Design, Dynamics and Accuracy» (1956), John Wiley & Sons, Inc., New Iork.

CHURCH, A. H. — «Mechanical Vibrations», (1957), John Wiley & Sons, Inc., New Iork.

LIST, H. — «Motores de Combustión Interna», Fasc. IX, (1952), Editorial Labor, S. A., Barcelona.

TOPOGRAFIA GERAL

Pelo Eng.º A. C. Xerez

1.º Volume

2.ª edição revista e aumentada

Preço de cada volume 150$00

●

MANUAL DE HIDRÁULICA

Pelo Eng.º Armando C. Lencastre

Preço 150$00

●

TABELAS TÉCNICAS
PARA
ENGENHARIA CIVIL

por

Nuno Abrantes e A. Celestino da Costa

Sob a direcção do Prof. Vicente Ferreira

Pelos Eng.os Fernando Abecasis e Sidónio Brazão Farinha

Preço: 120$00

PEDIDOS À "TÉCNICA"

Assinantes: 10 % de desconto

BIBLIOTECA
FICHEIRO

Classificadores responsáveis:

José Fernando Pinharanda, Carlos Ramalho Carlos, Alberto Esteves Guerra, António José Falcão, Carlos Pena, João Carvalho Marques e Orlando Graça Lobo.

Recortar as indicações bibliográficas que formam uma ficha e estão encimadas por CDU (Classificação Decimal Universal).

Colar cada referência num pequeno rectângulo de cartolina de 75 × 125 mm.

Ordenar pelos índices decimais, *começando da esquerda para a direita,* independentemente do número de algarismos que o índice contiver, e respeitando a seguinte regra de arrumação dos sinais auxiliares:

+ / n.os simples : [ ] = (01/09) (1/9) (=) " "A/Z — .0 .00

Consultar, em casos duvidosos, a exemplificação inserida na «Técnica» n.º 218 e seguintes, ou recorrer à Biblioteca da A. E. I. S. T.

Notar que a inserção das fichas nesta publicação respeita a ordem correcta, no intuito de a esclarecer o mais possível.

A comodidade de possuir no próprio local de trabalho um arquivo ordenado e de fácil consulta sobre assuntos que se sabe onde existem, é uma das evidentes vantagens de um ficheiro classificado segundo a CDU.

Os assuntos de que estas fichas são referência ficam patentes à consulta a partir desta data.

ARTIGOS DE REVISTAS

C. D. U. 31 : 338

La aplicación de las pruebas de Kolmogorov — Smirnov en la práctica industrial — *E. de Wilde.*
Dyna, 2-960, vol. 35, n.º 2, pág. 122-129.

C. D. U. 331.4 [63] (4).

Il lavoro femininile agricolo in Italia e nei paesi della C. E. E. — *Benvenute Benvenute*
Studi sul lavoro, 7/9-959, n.º 10, pág. 279-290.

C. D. U. 331.82

Vertientes en la medicina y seguridad del trabajo — *Justo Pastor Rupérez.*
Dyna, 10-959, vol. 34, n.º 10, pág. 746-755.

C. D. U. 331.826

L'orintamento professionale di massa per la gioventú — *E. Peracchi + Anna Gianbruno.*
Studi sul Lavoro, 1/3-958, n.º 4, pág. 51-64.

C. D. U. 378.12

La elección de profesores universitários — *E. Braun Menéndiz.*
Ciência y Técnica, 1/2-958, vol. 127, n.º 636, pág. 46.

C. D. U. 389.6

Normalización — *A. G. Guzman.*
Racionalización, 1/2-960, vol. 13, n.º 70, pág. 1-14.

C. D. U. 500

La marca do calidad y su control — *Pedro Mendizábal.*
Dyna, 8-959, vol. 34, n.º 8, pág. 578-580.

C. D. U. 512.12

Termo de velor médio de uma progressão geométrica — *Manuel Pedro Romano.*
Bol. Soc. Est. Moç., 7/8-959, vol. 28, n.º 117, pág. 67-74.

C. D. U. 516.8

Une représentation vectorielle des courbes planes et quelques propriétés — *Haralambie P. Ionesco.*
Bol. Inst. Pol. Bucuresti, 1958, vol. 20, n.º 2, pág. 23-32.

C. D. U. 519.2

Alguns aspectos da Teoria das Decisões Estatísticas — *Pedro Braumann.*
Estudos de Matemática, Estatística e Econometria, 57/58. n.º 2, pág. 5-33.

C. D. U. 530.12 : 531.18

Simetria em la física de las particulas elementalles — *Prof. Hideki Yukawa.*
Ciência y Técnica, 10-958, vol. 126, n.º 633, pág. 131-137.

C. D. U. 537.312 : 535.215

Some Photoconductivity Effects in Grown Crystals — — *S. Rodda.*
Siemens Edison Swan, Summer 58, vol. 1, pág. 48-53.

C. D. U. 539.1

Las particulas de la física actual — *J. C. de Zabalo.*
Dyna, 2-960, vol. 35, n.º 2, pág. 92-101.

Dicionário de Unidades

e Tabelas de conversão

Por

VASCO COSTA

e

OSVALDO FRANCÉS

Preço 35$00

Desconto 10 % aos Assinantes

Pedidos à «TÉCNICA»

BOGENSCHÜTZ

Corta-circuitos de alto poder de corte recarregáveis para baixa tensão de 6 a 600 A

Representantes em Portugal:

AZEVEDO & PESSI, LDA.

Projectos de Electricidade e Máquinas
Instalações Eléctricas em B. T. e A. T.

Rua Nova do Almada, 46
Telefone 2 03 54

DESPOEIRAGEM

FILTROS TECIDOS EM PEÇAS, PANOS, SACOS, MANGAS

DE QUALQUER FIBRA MATURAL OU SINTÉTICA

FANAFEL

FÁBRICA NACIONAL DE FELTROS INDUSTRIAIS
SOCIEDADE LIMITADA

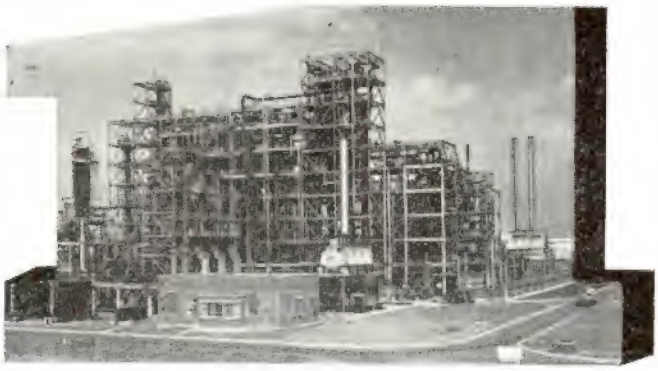
APART.: 9
TELEF.: 93
TELEG.: FELTROS

OVAR
PORTUGAL

ESCRITÓRIO E FÁBRICA
ESTRADA DE S. JOÃO

KELLOGG CONSTRÓI PARA A EXPANSÃO DA ICI

1951



A conclusão recente da terceira fábrica de hidrocarbonos em Wilton foi tornar este centro de actividade no maior projecto de refinação química de petróleo jamais tentado fora dos Estados Unidos. Com uma produção corrente anual de 110.000 toneladas de etileno de elevada pureza, e uma produção potencial de 140.000 toneladas, a ICI Wilton constitui um exemplo magnífico de cooperação em engenharia.

1956

A primeira fábrica, iniciada em 1951, representou a primeira adopção em grande escala do então novo processo de pirólise petrolífera desenvolvido nos Laboratórios Kellogg. O seu êxito levou à adição da fábrica No. 2 em 1956, e depois ao último acrescentamento, representando um aumento de 60% na capacidade refinadora de hidrocarbonos, em 1959.

1959

Cooperação entre cliente e contratador —eis a nota predominante da contribuição da K.I.C. para com a engenharia química. A Fábrica Refinadora de Petróleo de Wilton é a maior no mundo baseada em alimentação líquida: e a K.I.C. orgulha-se por se ter associado a este projecto de desenvolvimento.

Kellogg International Corporation

KELLOGG HOUSE, 7-10 CHANDOS STREET, CAVENDISH SQUARE, LONDRES W1

SOCIÉTÉ KELLOGG · PARIS · THE CANADIAN KELLOGG COMPANY LTD · TORONTO
KELLOGG PAN AMERICAN CORPORATION · BUENOS AIRES · COMPANHIA KELLOGG BRASILEIRA · RIO DE JANEIRO · COMPAÑÍA KELLOGG DE VENEZUELA · CARACAS
Subsidiárias de THE M. W. KELLOGG COMPANY NOVA IORQUE

C. D. U. 543.319

La alcalinidad en el agua de calderas — *Emilio Plana Eichberg.*

ION, 3-959, vol. 19, n.º 212, pág. 123-125.

C. D. U. 539.43 : 624.093 4

Stiffness characteristics of rigid warren girders — *P. Csonka.*

Acta Techica, vol. 20, n.º 1-2, pág. 103-118.

C. D. U. 544 65 : 535.372

L'analyse chimique par spectroscopie de fluorescence des rayons X — *E. T. Hall.*

Endeavow, 1959, vol. 18, n.º 70, pág. 83-87.

C. D. U. 543.621 31

Analytical Chemistry in the Light Electrical Engineering and Cable Industry 1937-1957 — *F. G. Stikland.*

Siemens Edison Swan, Summer 58, vol. 1, pág. 14-27.

C. D. U. 546.46 : 536 791

Au sujet de la constant chimique de magnesium. Récalculation de la valeur proposee, en 1930 por MM. K. Glusius et J. V. Vaughen) — *T. Batuecas.*

Memórias da Acad. das Ciências de Lisboa, 1958, tomo 7, pág. 143-51.

C. D. U. 547.323.2 — 9

La estabilización del policluro de Vinilo — *Angel González López.*

ION, 12-959, vol. 19, n.º 221, pág. 652-661.

C. D. U. 548.73

Interpretação das fotografias ao pé — *M. A. Fonseca + J. C. Lanna Filho.*

Rev. Escola-Minas, 6-959, vol. 21, n.º 5, pág. 239-245

C. D. U. 549.623.9 : 553.612 (469.121.23)

Estudo mineralógico dos caulinos da Senhora da Hora (Porto) — *J. M. Correia Neves + Orlando de C. Gaspar.*

Est. N. Trab. S. Fom. Min. vol. 13, n.º 3/4, pág. 217-229.

C. D. U. 549.1 : 544.83.

Chemical Tests on Mineral Streaks — *K. F. G. Hosking*

The Mining Magazine, 9-957, vol. 38, n.º 3, pág. 139-148.

C. D. U. 55 [912] 1 (469.311)

Nota explicativa sobre a carta fotogeológica da Serra da Marofa — *W. Oberholzer.*

Com. Serv. Geol. Port, 1957, vol. 38. n.º 2, pág. 291-294.

C. D. U. 551.51 : 624.171

Accion del viento sobre una marquesina — *Arturo J. Bignali.*

Ciencia Y Técnica, 9-957, vol. 124, n.º 622, pág. 53-62.

C. D. U. 551.553.4 : 550.584.3

Le paliomagnetisme et des directions des vents aux époques anciennes — *N. D. Opdyke + S. C. Runcorn.*

Endeavour, 1959, vol. 18, n.º 69, pág. 26-34.

C. D. U. 552.513.2 (116.213 : 469.323.25)

Estudo petrográfico de alguns calcarenitos de Liássico superior de Peniche — *Carlos Romariz.*

Rev. Fac. C. Lisboa — 2.ª série — C, 1959, vol. 7, n.º 1, pág. 13-52.

C. D. U. 567.484 : 551.754 (673)

Sur un Ceratodontidi du Karroo de l'Angola — *Carlos Teixeira.*

Mem. Acad. Ciencia, Lisboa— Ciências, 1958, vol. 31, pág. 55-61.

C. D. U. 621.523.523.8

Un régulateur électronique réalisé selon le système à éléments de construction — *Gerhart Kessler.*

Revue Siemens 17 (1959) pág. 203-206, 6 figuras, 1 quadro.

C. D. U. 621.311.22 : 697.34 (944)

Une nouvelle chaudière Velox dans une centrale urbaine de chauffage — *Greco L.*

Rev. Brown Boveri, t. 46 (1959), n.º 7, p. 371-380 11 figuras, 1 quadro, 3 réf. bibliog.

C. D. U. 621.182

The dual-cycle boiling reactor.

Combustion, 6-955, vol. 26, n.º 12, pág. 55-57.

C. D. U. 621.182

NEMA aproves new standards for gas turbine power plants.

Combustion, 10-959, vol. 31, n.º 4, pág. 49-57.

C. D. U. 621.182.261

Experiences in combustion of heavy oil fuel in steam boiler plants — *D. Rosahl.*

Modern German Boiler Practice, 7-958, n.º 8, pág. 16-21.

C. D. U. 621.182.93

Forced circulation boiler starling and running in unit arrangement — *D. Engler.*

Modern German Boiler Practice, 7-958, n.º 8, pág. 27-31.

C. D. U. 621.183

Steam power plant clinic — part XIV — *Igor J. Karassik.*

Combustion, 1-960, vol. 31, n.º 7, pág. 38-40.

C. D. U. 621.187.1 : 621.311.22

Sur la disposition des bâches alimentares et des conduites d'aspiration dans les centrales électriques à vapeur — *Oplatka G.*

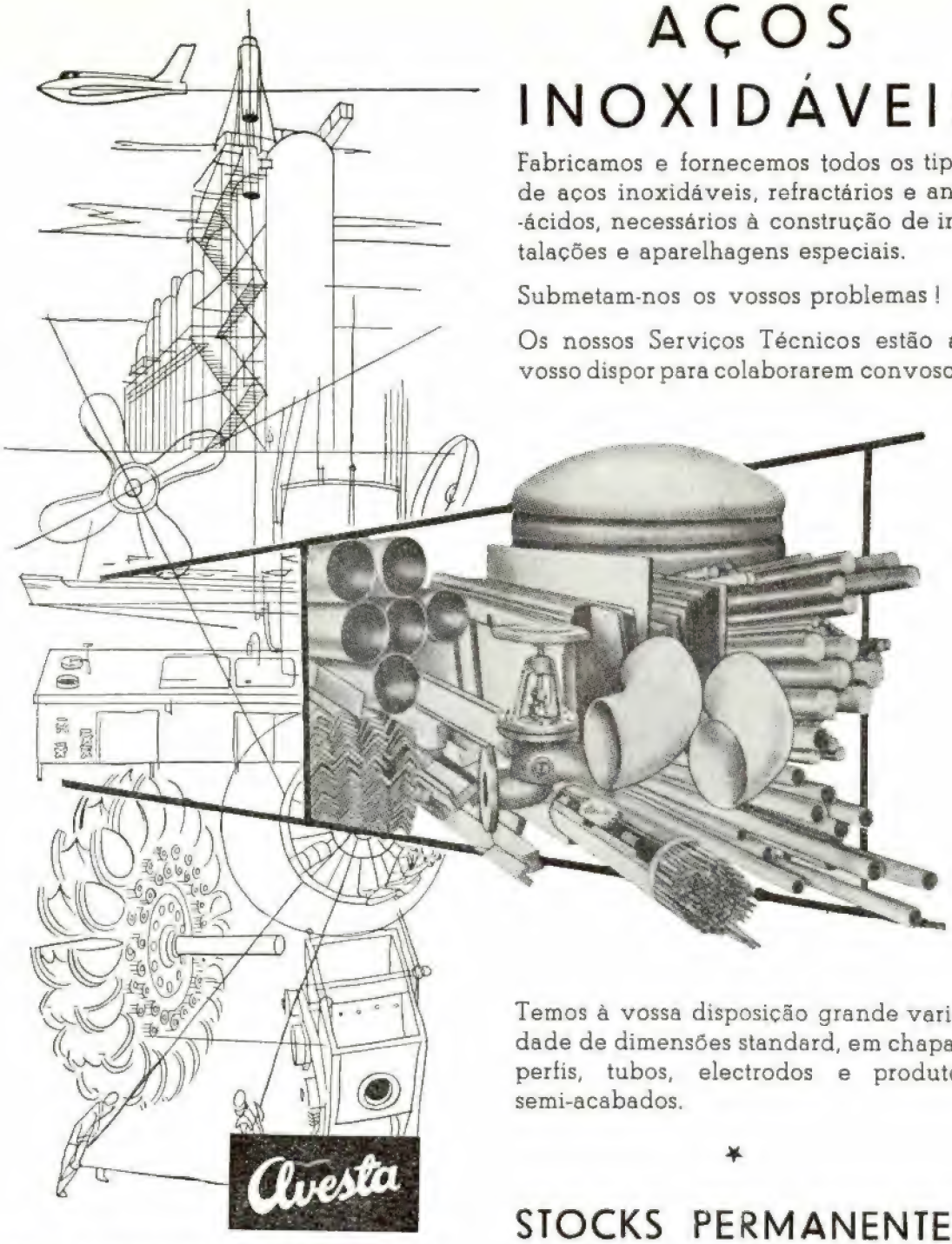
Rev. Brown Boveri, t. 46 (1959), n.º 7, pág. 385-394, 10 figuras.

AÇOS INOXIDÁVEIS

Fabricamos e fornecemos todos os tipos de aços inoxidáveis, refractários e anti-ácidos, necessários à construção de instalações e aparelhagens especiais.

Submetam-nos os vossos problemas!

Os nossos Serviços Técnicos estão ao vosso dispor para colaborarem convosco.



Temos à vossa disposição grande variedade de dimensões standard, em chapas, perfis, tubos, electrodos e produtos semi-acabados.

*

STOCKS PERMANENTES

AVESTA JERNVERKS AKTIEBOLAG
AVESTA — SUÉCIA

Representantes Exclusivos para Portugal e Ultramar:

A. JOHNSON & Co (PORTUGAL), L.DA

SEDE EM LISBOA:
Praça José Fontana, 11-1.º
Telef. 47961 — 47993 — 47997

FILIAL NO PORTO:
R. Dr. António Granjo, 160/168
Telef. 54666

C. D. U. 621.187.12

Quelques aspects de la chimie des eaux d'une centrale à vapeur — *Bodmer, M.*
Rev. Brown Boveri, t. 45 (1958), n.° 11/12, pág. 552-555, 5 réf. bibliogr.

C. D. U. 621.224

Évolution et état actuel de la construction des turbines hydrauliques — *Th. Bovet.*
Bulletin Technique de la Suisse Romane, 14-2-959, vol. 85, n.° 4, pág. 37-51.

C. D. U. 621.224

Quelques considérations sur l'avenir des turbines hydrauliques — *B. Bortolotti.*
Bulletin Technique de la Suisse Romane, 14-3-959, vol. 85, n.° 6, pág. 73-82.

C. D. U. 621.228

El aprovechamiento de la energia de las mareas — *Camila B. Rodriguez.*
Ciencia Y Técnica, 10-958, vol. 126, n.° 633, pág. 138-147.

C. D. U. 621.3 : 622.330.016

Electrification du fond dans les houillères — *Hans Graemer.*
Revue Siemens 17 (1959) pág 211-218, 7 figs., 1 quadro, bibliog.

C. D. U. 621.311.21 (81)

La centrale hydroélectrique de Cachoeira do França sur le Rio Juquia au Brésil — *Ebersberger, M.*
Rev. Brown Boveri, t. 46 (1959), n.° 5, pág. 288-298, 15 figs.

C. D. U. 621.311·25 : 621.039 (420)

La centrale nucléaire da Trawsfynydd au nord du pays de Galles — *Kerez E. A.*
Rev. Brown Boveri, t. 46 (1959), n.° 7, pág. 381-384, 4 figs.

C. D. U. 621.373.32 : 681.14

Simulation d'une machine synchrone par un calculateur analogique — *Coroller, P.*
Rev. Brown Boveri, t. 46 (1959), n.° 5, pág. 299-306, 6 figs., 2 réf. bibliog.

C. D. U. 621.314.223

Quelques particularités des transformateurs à 3 enroulements — *Rossier.*
Bulletin Sécheron, 1958, n.° 27 F, pág. 8-14.

C. D. U. 624.314.223

Les autotransformateurs de réglage 220/130 KV dn poste de couplage de Chamoson — *Rossier.*
Bulletin Sécheron, 1958, n.° 27 F, pág. 1-8.

C. D. U. 621.314.6 : 621.384.612.21 (4)

Le groupe Scherbius de l'installation du synchrotron à protons du CERN. — *Rauhut P.*
Rev. Brown Boveri, t. 46 (1959), n.° 6, pág. 350-355, 9 figs., 2 réf. bibliog.

C. D. U. 621.314.6 : 621.384 612.21 (4)

L'alimentation de l'électroaimant du synchrotron à protons du CERN, à Genève — *Ludwing, E. H., P. Rauhut, Th. Wasserrab, R. Zwicky.*
Rev. Brown Boveri, t. 46 (1959), n.° 6, pág. 327-349, 18 figs., 2 quadros, 9 réf. bibliog.

C. D. U. 621.314.6 : 621 384.612.21 (4)

Dispositif de mesure fournissant la valeur prescrite de la puissance active prélevée sur le réseau par la groupe convertisseur alimentant l'électroaimant d'un synchrotron à protons — *Hödle H.*
Rev. Brown Boveri, t. 46 (1959), n.° 6, pág. 362-365, 3 figs.

C. D. U. 621.314.6 : 621.384.612.21 (4)

Le réglage du groupe convertisseur alimentant l'électroaimant du synchrotron à protons du CERN — *Rollig K.*
Rev. Brown Boveri, t. 46 (1959), n.° 6, pág. 356-362, 6 figs.

C. D. U. 621.315.051.027.8

Transmission d'énergie à très haute tension — *Goldstein A. et W. Frey.*
Rev. Brown Boveri, t. 46 (1959), n.° 4, pág. 227-250, 23 figs., 2 quadros, 11 réf. bibliog.

C. D. U. 621.316.545.022

Nouveaux sectioneurs B. T. pour fortes intensités — *Theo Schmelcher.*
Revue Siemens 17 (1959) pág. 231-233, 3 figs, 1 quadro.

C. D. U. 621.316.57

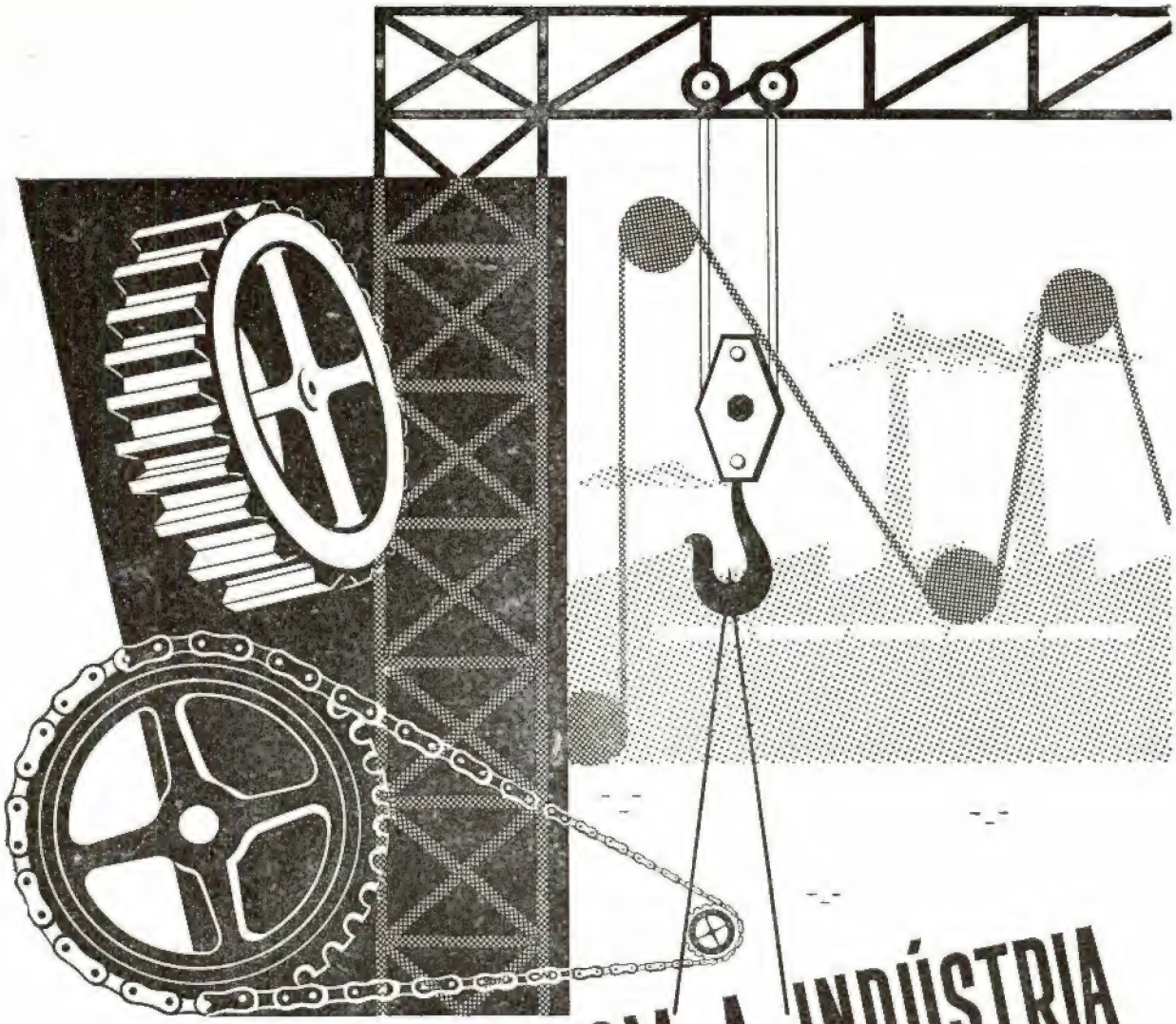
Fault-current Station Circuit breaker — *Hans Ruff.*
Siemens Review 26 (1959) pág. 67-68, 4 figs.

C. D. U. 621.316.718.5

Sur la stabilité des oscillations propres d'un arbre électrique — *Zendrini G.*
Rev. Brown Boveri, t. 46 (1959), n.° 7, pág. 407-418, 3 figs., 4 quadros, 18 réf. bibliog.

C. D. U. 621.316.9 : 62.39

Circuit Breskers for Individual Circuit Protoction in Communications Systems *Johann-Friedrich Franzen aud Heinz Vogel.*
Siemens Review 26 (1959) pág. 135-138, 8 figs., 1 quadro.



COLABORANDO COM A INDÚSTRIA

NA LUBRIFICAÇÃO DE TODOS
OS SISTEMAS DE ENGRENAGENS

LUBRIFICANTES

Sonap

57-154

C. D. U. 621.316.9 : 62.39

Commutateur de protection pour les circuits des installations de communication — *Johann-Friedrich Franzen ei Heinz Vogel.*
Revue Siemens 17 (1959) pág. 159-163, 8 figs., 1 quadro.

C. D. U. 621 317.782.2

Un nouveau compteur à maxima avec mécanisme à maxima très précis — *Friedrich Schmidt.*
Revue Siemens 16 (1958) pág. 139-145, 7 figs.

C. D. U. 621.317.782.2

A New Maximum Demand Meter with a Highly Accurate M. D. Registration — *Friedrich Schmidt.*
Siemens Review XXVI (1959) pág. 6-11, 7 figs.

C. D. U. 621.317.784.4.64

A Thermal Milliwattmeter for 0 to 8,500 Mc — *Josef Turban*
Siemens Review XXVI (1959) pág. 21-26, 8 figs.

C. D. U. 621.319.4 : 621.315.616

Standard Capacitors with Styroflex Dielectric — *Wolfgang Held and Rolf Claus Kunze.*
Siemens Review XXVI (1959), pág. 31-33, 3 figuras.

C. D. U. 621.319.4 : 66

A High-voltage Capacitor Installation for the Chemical Industry — *Otto Krueger.*
Siemens Review XXVI (1959), pág. 99-101, 4 figuras.

C. D. U. 621 34 : 666.94.013.5

Equipements électriques modernes de cimenteries — *Bläuenstein, E.*
Rev. Brown Boveri, t. 46 (1959), n.° 5, pág. 307-319, 16 fig., 4 réf. bibliogr.

C. D. U. 621.384.613

Le bétatron, instrument d'études et de recherches d'une grande école — *Zieger, B.*
Rev. Brown Boveri, t. 46 (1959), n.° 3, pág. 203-209, 5 fig., 18 réf. bibliogr.

C. D. U. 621.384.622.2

A 25-MeV electron linear accelerator — *M. C. Growlei — Milling.*
The Metropolitan-Vickers Gazette, 8-959, vol. 30, n.° 481, pág. 208-210.

C. D. U. 621.385.1.032·212 : 621.3.077.64

Relais électroniques — *Hans-Joachim Pantel.*
Revue Siemens 17 (1959), pág. 132-134, 3 figs.

C. D. U. 621.385.1.032.212.261.3.077.64

Electronic Relays — *Hans-Joachim Pantel.*
Siemens Review XXVI (1959), pág. 26-29, 3 figuras.

C. D. U. 621.385.832 : 666.1.031

Electrical Welding of Glass Bulbs for Cathod Ray Tubes — *G. Berridge & D. L. Hall.*
Siemens Edison Swan, Summer 58, vol 1, pág. 54-61.

C. D. U. 621.387.4

A Universal Radiation Counting Equipment — *Friedrich H. Rinn.*
Siemens Review XXV (1958), pág. 176-181, 11 figs.

C. D. U. 621.389

Data Processing with the Siemens 2002 Digital Computer — *Wilhelm Lockemann.*
Siemens Review XXVI (1959), pág. 225-229, 5 figs.

C. D. U. 621.495 : 622.67

Cage to Pitbank Telephone and Signal Transmission — *Walter Pinkernelle and Beend Siepmann.*
Siemens Review XXVI (1959), pág. 89-92, 3 figs.

C. D. U. 621.395.64

Repeaters in Local Telephone Networks and PABXs — *Otto Hörner and Werner Langzdorff.*
Siemens Review XXVI (1959), pág. 218-225.

C. D. U. 621.395.65 : 654.1

Electronic Telephone Exchange Switching — *J. E. Flood.*
Siemens Edison Swan, Summer 58, vol 1, pág. 28-35.

C. D. U. 621.395.72(793)

La technique des sélecteurs EMD aux Etats-Unis — *Kurt Laas et Helmut Meigel.*
Revue Siemens 17 (1959), pág. 195-199, 5 figs. bibliographie.

C. D. U. 621.395.743 : 621.315.616.9

Plastic Telephone Cables and Wires in City Networks — *Wolfgang Müller and Emil Wägele.*
Siemens Review XXVI (1959), pág. 51-53, 6 figs.

C. D. U. 621.396.5(45)

Le réseau radiotéléphonique de la Société Dinamo à Novare (Italie) — *Gajani G.*
Rev. Brown Boveri, t. 46 (1959), n.° 4, pág. 255-259, 6 fig.

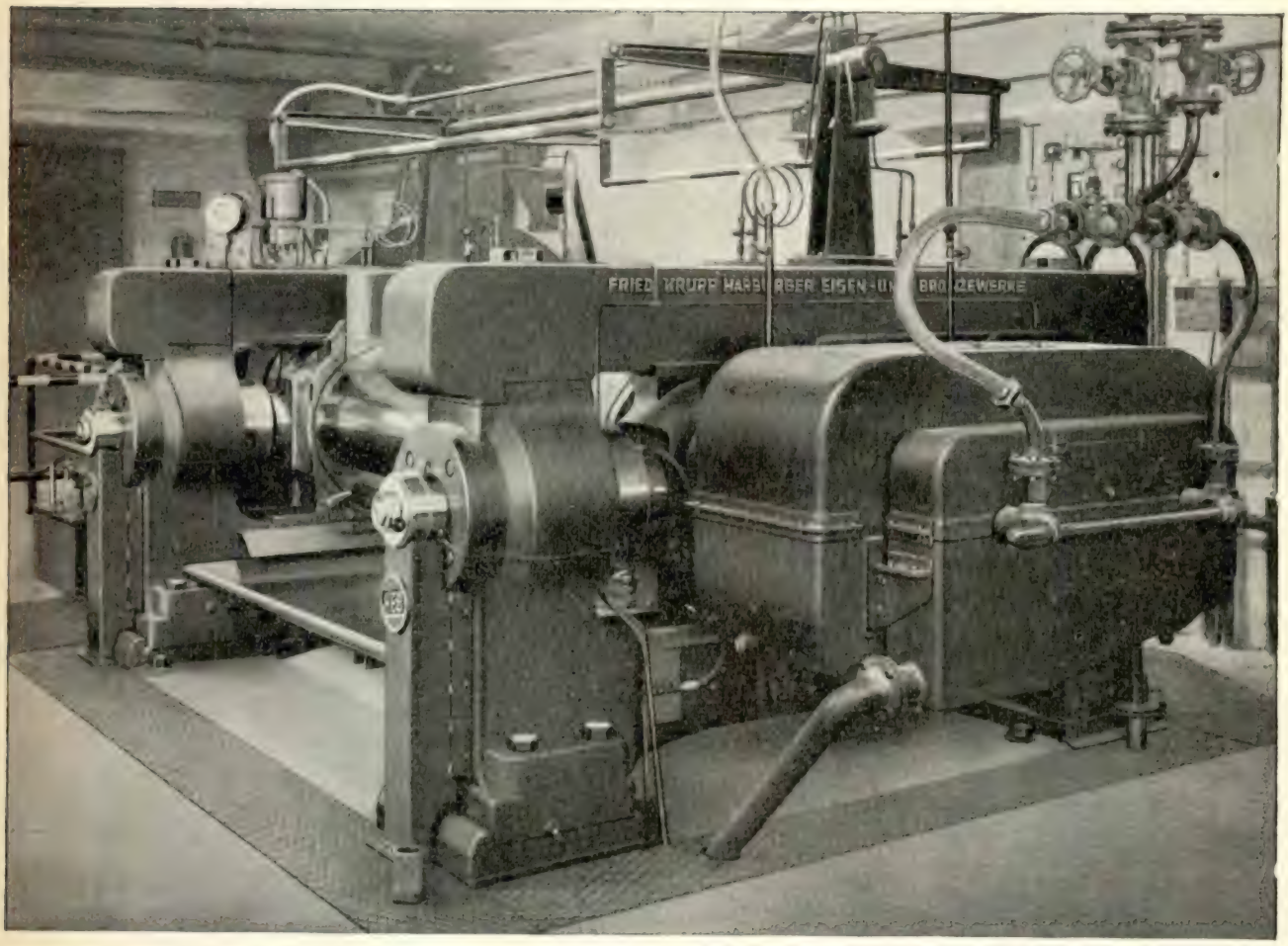
C. D. U. 621.398 : 621·317

Télémesure cyclique rapide par voie électronique — *Piazza G. F.*
Rev. Brown Boveri, t. 46 (1959), n.° 4, pág. 260-270, 18 fig.

C. D. U. 621.13.001.4 : 621.317.381

Automation applied to the Experimental Test Beds in the Automobile Industry — *Siegfried Waller.*
Siemens Review XXVI (1959), pág. 169-174, 7 figs. bibliography.

KRUPP



Máquinas HEB para a indústria da borracha

Laminadores de todos os tipos, extrusores, depuradores (strainers) e todas as máquinas para o fabrico de pneumáticos.

FRIED. KRUPP HARBURGER EISEN- UND BRONZEWERKE

HAMBURG-HARBURG

Representantes Gerais, Sociedade de Importação e Exportação Lusomundo, Lda., Av. A. A. Aguiar, 126—5°. Lisboa.

C. D. U. 621.431.75.01

Considerations sur l'etud de la combustion dans un mélange de gaz en mouvement (em romeno) — *V. N. Constantinescu.*
Bul. Inst. Pol. Bucuresti, 1958, vol. 20, n.° 1, pág. 22-21.

C. D. U. 621.438 : 629.13

Jet engine noise.
The Aeroplane, 6-2-959, vol. 96, n.° 2475, pág. 170

C. D. U. 621.741.38

Fundicion maleable — *Ramón Román Martinez.*
Dyna, 6-959, vol. 34, n.° 6, pág. 422-429.

C. D. U. 621.745

Un nuevo cubilote a viente calient para recuperación directa de los gases del tragante — *G. Ulmer.*
Dyna, 2-960, vol. 35, n. 2, pág. 130-141.

C. D. U. 621.791.786.3

Quelques aspects récents du soudage électrique par résistante — *J. M. Labessouthe.*
Mécanique-Électricité, 4-959, vol. 43, n.° 121, pág. 131-237.

C. D. U. 621.791.76 : 669.71

Some aspects of cross coire welding of aluminium alloys — *G. A. Batten.*
The Metropolitan Vickers Gazette, 2-959, vol. 30 n.° 475, pág. 65-69.

C. D. U. 621.791.753.41

Le soudage de métaux defférants par le procédé à l'arc éléctrique avec électrodes enrobées — *J. Hinde.*
Revue du Nickel Set.-Out., 958, vol. 24, n.° 4, pág. 79-89

C. D. U. 621.791.85

L'argon «air liquide».
Revue L'Air Liquide, 1.° Trim., 1959, vol. 7 n.° 24, pág. 2-12.

C. D. U. 621.791.762.5

Fully automatic Butt-welding Machine — *F. Noch.*
Siemens Review, 10-958, vol. 25, n.° 6, pág. 204-205

C. D. U. 621.822.5

Calcul de la position de l'arbre et du frottement dans les coussinets à trois coins d'huile — *Ott H. H.*
Rev. Brown Boveri, t. 46 (1959), n.° 7, pág. 395-406, 15 fig , 2 réf. bibliog.

C. D. U. 621.874

The stacker crane — a modern aid to the rational handling of goods — *Norling, N.*
Asea Journal 31 (1958), 8-9, pág. 117-120.

C. D. U. 621.882/883

Assemblages par boulons à haute résistance — *E. Toint*
Acier-Steel-Stalrl, 11-959, vol. 24, n.° 11, pág. 483-487.

C. D. U. 621.9

Nombreuses améliorations dans les machines-outils européenanes — *M. Loiseau.*
Mécanique-Electricité, 12-959, vol. 43, n.° 128, pág. 73-87.

C. D. U. 621.9

Maquinas transfert — *E. Sotomayor.*
Dyna, 9-959, vol. 34, n.° 9, pág. 666-675.

C. D. U. 622.66-83 : 621.316.713

The D. C. Winder with Siemens Transistor Control System — *Claus Kessler, Walter Meinhardt, Ingemar Neuffer and Günther Rube.*
Siemens Review XXVI (1959) pág. 234-240, 15 figs.

C. D. U. 622.66-83 : 621.316.748

La machine d'extraction à courant continu avec régulation Transidyn Siemens — *Claus Kessler, Walther Meinhardt, Ingemar Neuffer et Günther Rube.*
Revue Siemens 17 (1959) pág. 164-154, 15 figs., bibliog.

C. D. U. 622.67

One of the largest mine-hoist installations in the world — *Landau, F.*
Asea Journal 31 (1958), 10, pág. 127-133.

C. D. U. 622.7 : 622.349.5 + 622.346.5

Radioactive black sand is yielding columbite concentrate at Idaho Mill — *Stanley H. Dayton.*
World Mining, 5-958, vol. 11, n.° 6, pág. 24-25.

C. D. U. 622.765-343.5

How the Pima Mining Company mills Copper ore from its new Arizona Pit.
World Mining, 11-958, vol 11, n.° 12, pág. 30-32.

C. D. U. 624.014.27 : 725,39

Cherpentes tubulaires de grandes dimensions — *G. B. Stewart.*
Acier-Stell Stahl 11-959, vol. 24, n.° 11, pág. 477-482.

C. D. U. 624.057.528

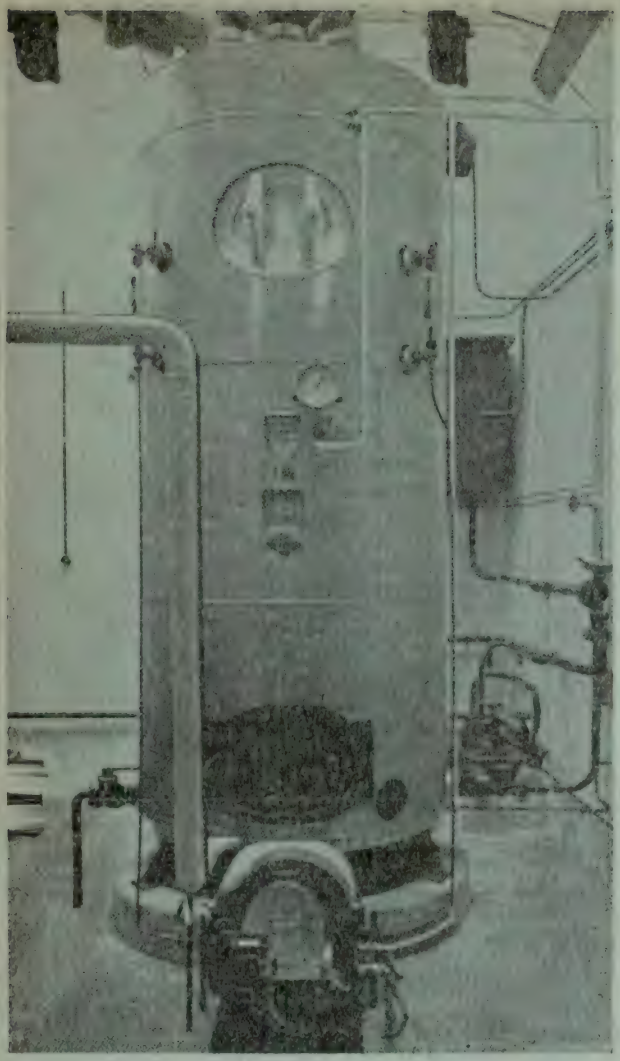
Un nuevo sistema de encofrados deslizantes.
Cemento Y Hormigón, 11-958, vol. 24, n.° 296, pág. 529-533.

C. D. U. 624.093.4 : 539.43

Stiffness characteristics of rigid warren girders — *P. Csonka.*
Acta Technica, vol. 20, n.° 12, pág. 103-118.

C. D. U. 624.131.3 | 5 + 624.138 + 624.15 (439.1)

Cinq ans de mécanique du sol en Hongrie — *A. Kezdi.*
Annales de l' I. T. du Bâtiment et des Travaux Publics, 7-8-959, n.° 127-128, pág. 861-874.

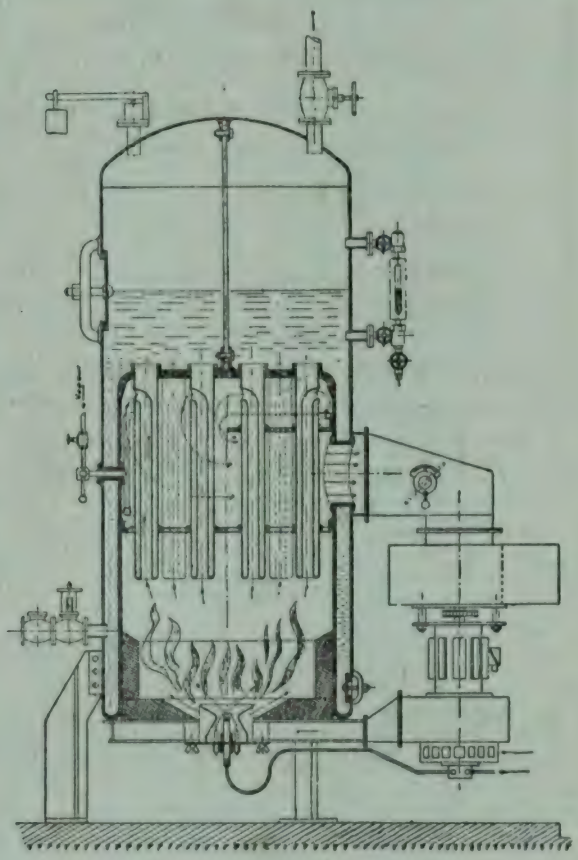


Caldeira Barès de 25 m²

CALDEIRAS BARÈS

Em França

400 em serviço



Corte de uma caldeira Dynatherm

Caldeiras

Rendimento superior a 80 %
Dimensões reduzidas
Em pressão em 15 minutos
Montagem extremamente simples
Conservação fácil e económica

DYNATHERM

CONSTRUTOR: J. BARATA

Rue Oberkampf, Paris-11e — França

Delegado em Portugal: L. O. Figueiredo — R. Saraiva de Carvalho, 201-1.º D.to — LISBOA-3

Ceresite
Uma só vez
com . . .

Um produto alemão da W. B. W.

Há mais de 50 anos **CERESIT** tem criado tradições em todo o mundo.

Custo do **CERESIT** por m² de reboco com 1 cm:

CERESIT líquido 150 gr . . . 2$20
CERESIT pó 80 gr . . . 1$80

Porto: F. MOREIRA ENES — R Passos Manuel, 40

MINISTÉRIO DAS OBRAS PÚBLICAS
LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL
SERVIÇO DE ESTUDO E ENSAIO DE MATERIAIS
SECÇÃO DE AGLOMERANTES E BETÕES

Proc. n.º 187/111
Ensaio n.º —
Relatório n.º 8771

Nº 722131/7

Entidade requisitante F. Moreira Enes
Referência _____ Ofício n.º _____ Requerimento, de __/__/__
Obra _____
Material Aditivo para argamassas _____ Marca Ceresit
Identificação _____ Data de entrada __/__/__
Ensaio pago por requerente _____ Recibo n.º ___ de __/__/__

RESULTADOS DOS ENSAIOS

Coeficientes de permeabilidade de argamassas fabricadas com Ceresit líquido e Ceresit pó

Traços em volume	Aditivo	Coeficiente de permeabilidade em h^{-1}
1:1	-	$2,18 \times 10^{-7}$
	Ceresit pó	$4,85 \times 10^{-7}$
	Ceresit líquido	$1,78 \times 10^{-7}$
1:3	-	$54,56 \times 10^{-5}$
	Ceresit pó	$10,54 \times 10^{-5}$
	Ceresit líquido	$5,12 \times 10^{-5}$
1:5	-	$99,24 \times 10^{-5}$
	Ceresit pó	$95,65 \times 10^{-5}$
	Ceresit líquido	um ensaio

Obs.

Dos ensaios realizados conclui-se que o Ceresit líquido é um impermeabilizante bastante eficaz que permite uma redução apreciável no coeficiente de permeabilidade das ar amassas.

Lisboa, 13 de Dezembro de 1957

O Eng. Chefe de Serviço — O Eng. Chefe de Secção

Lisboa: SERAFIM RAMOS, LDA. — Cais do Tojo, 71

ELECTRO-ARCO
LIMITADA

ELECTRODIOS
POSTOS E ACESSORIOS
PARA A SOLDADURA ELECTRICA

MATERIAL APROVADO PELO
LLOYD'S REGISTER OF SHIPPING

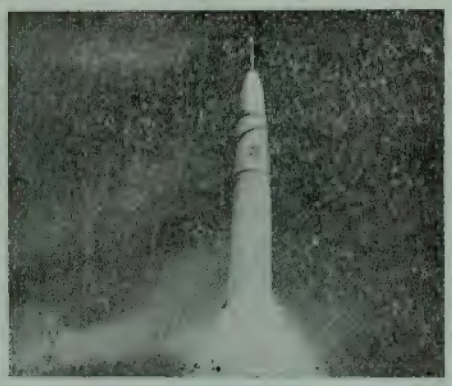
FÁBRICA E LABORATÓRIOS
VENDA NOVA — AMADORA
LISBOA
RUA SILVA CARVALHO, 239 — TEL 683649
PORTO
RUA DO BOLHÃO, 216 — TEL 21277

SOCIEDADE INDUSTRIAL METALURGICA

Responsabilidade Limitada
(REGISTADO)

SERRALHARIAS,
CALDEIRARIA,
FERRARIA,
FUNDIÇÕES

ESCRITÓRIO
Rua de S. Tiago, 13
LISBOA
Telefone 26572



Os Klystrons reflexos «EIMAC», de construção cerâmica-metal são aplicados com êxito em severas condições de trabalho.

Devido à actual evolução da aviação e dos misseis, tornou-se necessário realizar uma nova concepção de válvulas electrónicas, criando-se Klystrons reflexos, os quais permitem excepcional estabilidade de frequência sob as condições mais severas de choque, vibração e aceleração. Os novos e robustos Klystrons **«EIMAC»** de bandas reflexas X- e K- de uma concepção nova e de construção cerâmica-metal, com cavidades duplas satisfazem estas exigências.

A nova concepção e desenho de cavidades ressonantes, consiste principalmente numa cavidade fechada, provida duma janela de cerâmica acoplada a uma segunda cavidade fora do invólucro de vácuo.

Na cavidade externa a sintonia é feita por meio de um parafuso metálico ao longo duma gama mínima de 700 megaciclos/segundo.

Este avanço de concepção técnica tem como resultado obter-se com uma série de 4 excepcionalmente estáveis Klystrons reflexos, cobrir uma gama de frequências de 8.500 megaciclos a um nível de potência de saída de 75 miliwatts.

Nos níveis de vibração de 15 a 20 G., o desvio de pico a pico é inferior a 50 kilociclos para qualquer frequência vibrante entre 20 a 2.000 ciclos/segundo.

A construção de Klystrons **«EIMAC»** cerâmica-metal, além das vantagens indicadas, permite que se estabeleçam temperaturas de 250° C sem se alterar o funcionamento.

EITEL-McCULLOUGH, INC.

San Carlos • California

TELEFONES 2 42 21/2/3 — 2 45 84

REPRESENTANTES

ESTABELECIMENTOS HEROLD S. A. R. L.

Rua dos Fanqueiros, 278

LISBOA

GRANDE NÚMERO DE REFERÊNCIAS EM PORTUGAL E PROVÍNCIAS ULTRAMARINAS

CONSULTE OS REPRESENTANTES EXCLUSIVOS:

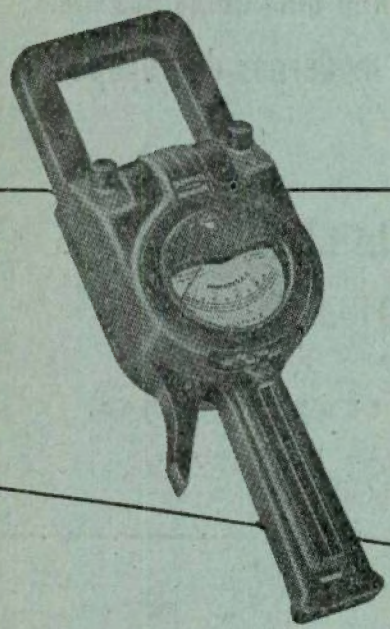
MAPREL

MÁQUINAS DE PRECISÃO, LDA.

ENG.º J. D'ARRIAGA DE TAVARES

LISBOA-R. da Boavista, 45-49-Tel. 666086-7 PORTO-R. de S.ta Catarina, 653 a 663-Tel. 26720 LUANDA-R. Direita de Luanda, 150-Tel. 4232-C. P. 304

PINÇAS FERRANTI



PINÇAS VOLT — AMPERIMÉTRICAS

7 ESCALAS

EM AMPÈRES	EM VOLTS
0 — 10 AMPS.	0 — 150 V
0 — 25 »	0 — 600 »
0 — 100 »	
0 — 250 »	
0 — 1000 »	

PINÇA WATTIMÉTRICA

7 ESCALAS

0 — 3 KW
0 — 6 »
0 — 12 »
0 — 30 »
0 — 60 »
0 — 120 »
0 — 300 »

REPRESENTANTES:

C. SANTOS LDA.

29, AVENIDA DA LIBERDADE, 41 — LISBOA

DIVISÃO MARÍTIMA E TÉCNICA
T. DA GLÓRIA, 17 — LISBOA
160, R. STA. CATARINA, 168 — PORTO

CIMENTO TEJO

FÁBRICA EM ALHANDRA

Fábrica com quatro linhas de fabrico

sendo uma delas das mais modernas da Europa

Para obras hidráulicas e de responsabilidade preferir o

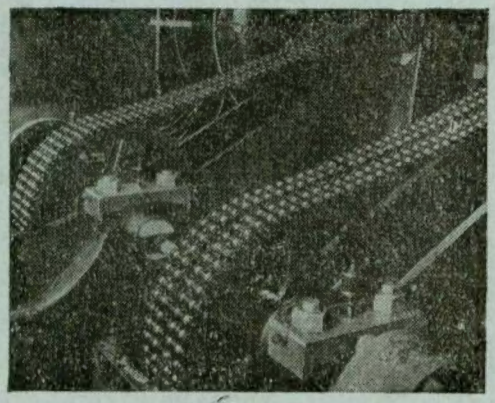
CIMENTO TEJO

Companhia «Cimento Tejo»

Rua da Vitória, 88-2.º — Telef. 28953 — LISBOA

A transmissão mais eficiente

Ausência de escorregamento
Funcionamento silencioso



RENOLD

Economia de Espaço
Longa Duração

ÚNICOS AGENTES:
HARKER SUMNER & C.ª, L.da
LISBOA — PORTO

AUGUSTO CAVACO
ENGENHEIRO

SONDAGENS
FUNDAÇÕES
CAPTAÇÕES DE ÁGUA
REBAIXAMENTOS
DE NÍVEIS AQUÍFEROS

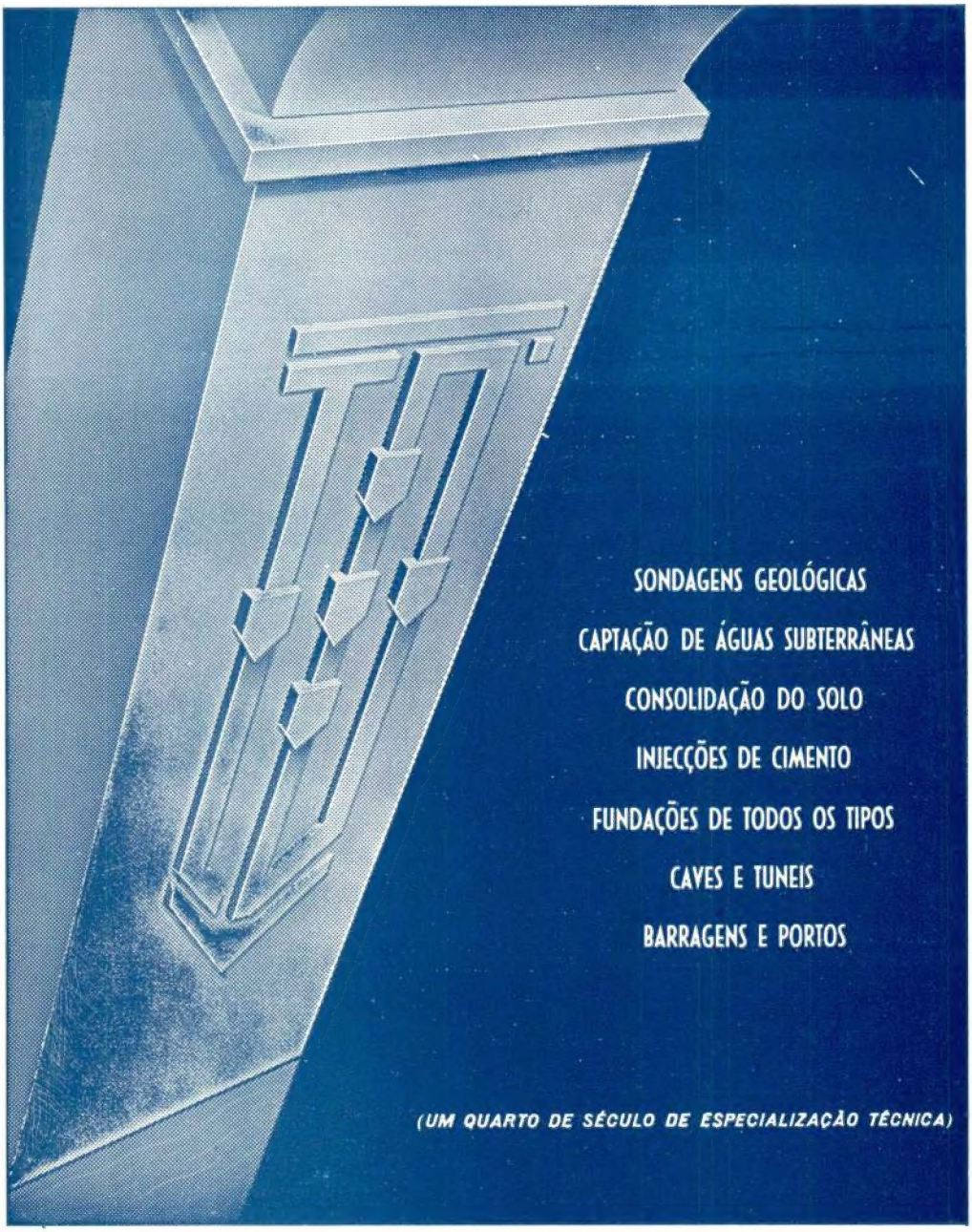
RUA RODRIGO DA FONSECA, 62- · LISBOA · TELEF. 53873

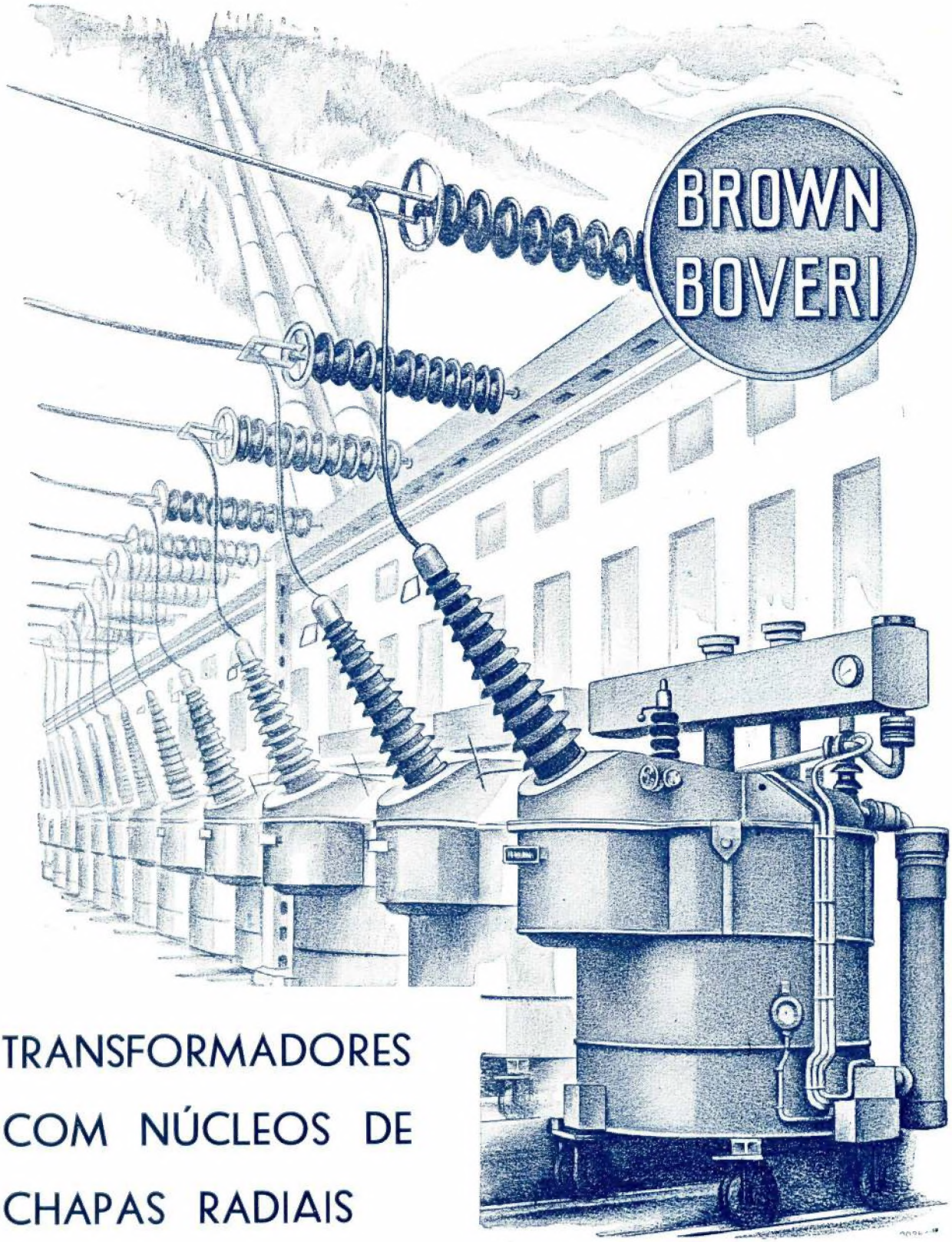
Empresa de Sondagens e Fundações

TEIXEIRA DUARTE, L.DA

PR. DA FIGUEIRA, 18. 3.º
TELEF. 3 2774

LISBOA





TRANSFORMADORES COM NÚCLEOS DE CHAPAS RADIAIS

Monofásicos e trifásicos para tensões até 400 kV e todas as potências atravessantes até 600 MVA. Estes transformadores caracterizam-se pelo bom comportamento às ondas de choque e reduzida altura. São económicos e deram com sucesso excelentes provas práticas.

SOCIEDADE DE ELECTRICIDADE BROWN BOVERI, LDA. POR